

# الجغرافيا المناخية والحيوية

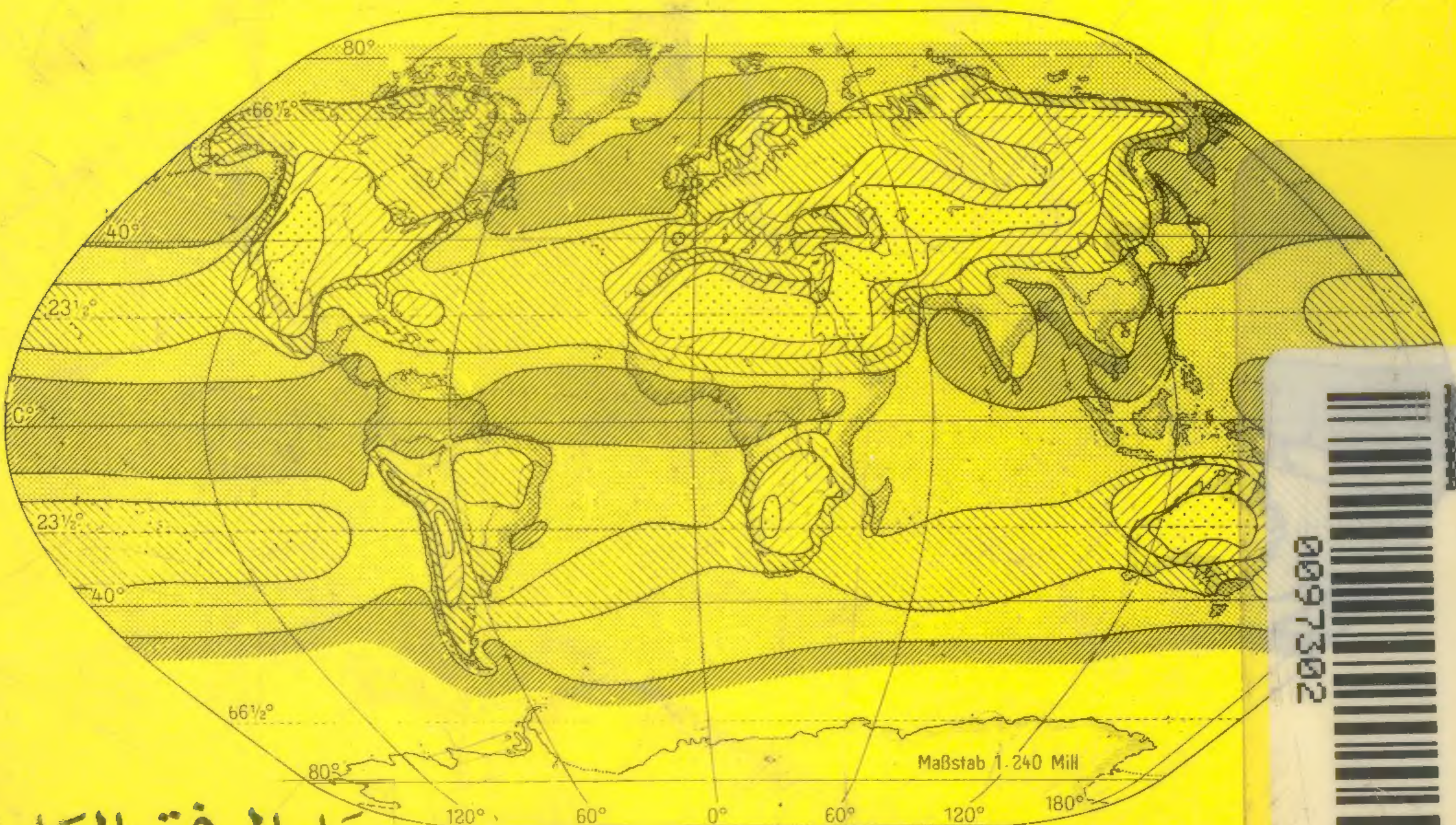
مع الطبيب على

مناخ ونبات قارات أور وبا وآسيا وإفريقيا  
ومناخ ونبات العالم العربي



Lückenhafte Cirrocumulusdecke (Cirrocumulus lacunaris)

دكتور  
جهودة حسنين جهودة  
أستاذ الجغرافيا الطبيعية  
ومحكمة كلية الآداب (سابقا)  
جامعة الإسكندرية



دار المعرفة الجامعية

٤٠ منشورات - الأمانة العامة - ١٦٣٠١٦٣

Relative Luftfeuchtigkeit in %  
< 50 50-70 70-80 80-85 > 85







الْخَرَفَاءُ الْمُبَجَّرُونَ إِلَى الْحَيَاةِ





# الجغرافيا المناخية والحياة

مع التطبيق على

مناخ ونبات أوروبا وآسيا وأفريقيا  
ومناخ ونبات العالم العربي

دكتور

جمرة السنين جمرة

أستاذ الجغرافيا الطبيعية  
وعلم كلية الآداب (سابقاً)  
جامعة الإسكندرية

٢٠٠٠

دار المعرفية الجامعية

٢٠ شارع سويفت، القاهرة ١٦٢-٢١٣  
٢٨٧ شارع النيل، الإسكندرية ٠٠-٠٩٧٣١٢٦







بسم الله الرحمن الرحيم

« وأرسلنا الرياح لواقح فأنزلنا من السماء ماء  
فأسقيناكموه وما أنتم له بخازنين»

صدق الله العظيم

سورة الحجر - آية ٢٢



إهداء

الى حفيدى سليم ...

نجل ابنى الدكتور / عصام جودة

(أخصائى أمراض الصدر والقلب والحساسية)

(أستاذ الأمراض الباطنة بكلية الطب)

حفظه الله ورعاه وبارك فيه



## مقدمة

لقد تطور علم المناخ ونما نموا عظيما خلال العقود الستة الاخيرة ، وظهرت مؤلفات عديدة ، وأبحاث لا تكاد تحصى تعالج مختلف جوانب هذا العلم ، ورغم هذا فان القليل من ظواهر الجو ما أمكن التعرف على أصولها على وجه الدقة والتاكيد . وإذا ما راجت إحدى النظريات وبدت مقنعة ، فذلك لمجرد أنها نجحت في تفسير عدد من الحقائق يفوق غيرها . وتظل جميعا في اطار «النظرية» لان الغالب ما يبقى عدد من الحقائق دون تفسير .

ورغم أن هذا الكتاب يعرض لأصول علم المناخ ، ويضع الركائز الرئيسية مهياة لمدارك الطالب الجامعى ، فانه يعنى عناية فائقة بعمق المعرفة ، حتى يلم الدارس بمختلف جوانب علم المناخ ، اضافة الى أننى حرصت على اظهار طبيعة المشاكل التى تكتنفها ، حتى لا يكون محتوى الكتاب مجرد سرد للظواهر ، وحتى نستحث الدارس على اعمال فكره ، وتدريب عقله على التحليل والتعليل ، واثارة اهتمامه بمعالجة مشكلة أو أخرى ، فربما تستهويه دراسة المناخ ، فيتخصص فيه ، ويأتى لنا فى المستقبل بجديد .

ولما كان علم المناخ يعنى بدراسة الغلاف الجوى فانه وثيق الصلة بالعلوم التى تبحث فى طبيعة الجو وظواهره وخصوصا علم الأرصاد الجوية ، حتى أن بعض العلماء يعتبره فرعا من أفرع الميٲيورولوجيا . لكن مادام علم المناخ يهتم بتوزيع عناصر وظواهر الجو على سطح الأرض ، وتحليل العوامل التى تؤثر فى أنماط هذا التوزيع ، والتى تسمى الضوابط المناخية ، فانه ينتمى أيضا لحقل الجغرافيا ، خصوصا وأن معظم هذه الضوابط ذا صلة بسطح الأرض .

والواقع أن علم المناخ علم تطبيقى يعتمد فى دراساته على أساليب البحث المستمدة من حقل الأرصاد الجوية ، ويهدف فى النهاية الى الوصول الى نتائج تهم الانسان والغلاف الحيوى ، أى الى نتائج جغرافية . ولهذا فان الجغرافى أنسب من غيره لدراسة المناخ ، لكن ينبغى له أن يكون على علم



تام بالأرصاد الجوية ، وطرق وأساليب البحث فيها ، حتى يمكنه أن يتناول بالدراسة والبحث مختلف المشاكل الخاصة بخصائص الغلاف الجوى، وطبيعة ظواهر الجو ، والعوامل المؤثرة فيها ، وآثارها فى البيئة الجغرافية . ولهذا ينبغى أن يتم اعداد الجغرافيين الذين يرغبون التخصص فى دراسة المناخ اعدادا خاصا ، مثلهم فى ذلك مثل راغبى التخصص فى الجيومورفولوجيا من الجغرافيين .

واذا كانت مشكلة اعداد الجغرافى للدراسة الجيومورفولوجية قد حلت الى حد كبير فى أقسام الجغرافيا بالجامعات المصرية ، فان المشكلة ما تزال قائمة بالنسبة للمناخ ، ويبدو أنها مشكلة لا تخص أقسام الجغرافيا فى مصر والعالم العربى وحدها ، ذلك أن تدريب واعداد باحث المناخ يتم خارج أقسام الجغرافيا فى معظم جامعات العالم . وحبذا لو أمكن اعداد برامج خاصة فى أقسام الجغرافيا لآفرع المناخ المهمة ، كالمناخ التفصيلى ، والمناخ التطبيقى ، ومناخ المدن ، والتلوث الجوى ، وانشاء دراسات متقدمة فى المناخ والأرصاد الجوية .

ويقع هذا الكتاب الذى يعالج أصول «الجغرافيا المناخية والحيوية» فى أربعة أجزاء ، تضم تسعة عشر فصلا . ويتكون الجزء الاول من أحد عشر فصلا ، ويعالج الفصل الأول أهمية علم المناخ وتطوره وعلاقته بالأرصاد الجوية وبالجغرافيا ، ويهتم بصفة خاصة بإبراز التطورات والاتجاهات الحديثة فى أبحاث المناخ ، ويعرض للنظم والنماذج المناخية ، ولآفرع علم المناخ وتمييزها تبعا لمجالات الدراسة والبحث فيه . ويعنى الفصل الثانى بخصائص الغلاف الجوى وتركيبه وطبقاته ونشأته ووظائفه وعوامل تلوثه .

وتتناول الفصول التالية حتى الفصل العاشر دراسات تفصيلية لعناصر المناخ الرئيسية ، مثل الاشعاع الشمسى ، ودرجة الحرارة ، والضغط الجوى وعلاقته بالدورة الهوائية العامة ، والرياح ، ومناطق الاضطراب والحركة فى الغلاف الجوى ، والتبخر والرطوبة ، والتكاثف وأشكاله ، والسحاب والتساقط .

ويهتم الفصل الحادى عشر بالتقسيمات المناخية، ويشرح مزايا كل منها، كما يحوى عرضا لأحد التقاسيم المناخية البشرية Human Classifications وهى التى تمثل أحدث اتجاه فى التقاسيم المناخية ، وتقوم على تحديد العلاقة بين المناخ ومدى شعور الانسان بالراحة وأهمها تصنيف موندور

Maunder للاقاليم المناخية باستراليا ، وتصنيف تيرجونج Terjung الذى يقوم على موازنة الطاقة بين الانسان والبيئة التى يعيش فيها .

وقد ضمنت جميع الفصول الخاصة بدراسة عناصر المناخ تعريفا بالأجهزة التى تستخدم فى القياس ، وشرحا للمبادئ الاساسية التى تقوم عليها ، وبيانا بالوسائل الاحصائية والاساليب الرياضية التى تتبع فى حساب وتقدير عناصر المناخ الرئيسية .

وترافق دراسة المناخ عادة دراسة النبات الطبيعى والحيوان البرى الذى يعيش فيه ، وذلك بسبب الصلة الوثيقة التى تربط النبات بالمناخ ، فالنبات انعكاس لتفاعل عناصر الجو وظواهره مع التربة . ولكل نوع مناخى نباته الخاص به ، ولهذا فقد خصص الجزء الثانى من الكتاب لدراسة الجغرافيا الحيوية ، ويضم فصلين ، أحدهما وهو الثانى عشر لدراسة النبات الطبيعى وتوزيعه ، والثالث عشر لدراسة الحيوان البرى وتوزيعه على سطح الارض .

ويهتم الجزءان الثالث والرابع بفصولهما الستة بعرض لدراسات تطبيقية لظواهر المناخ والنبات والاقاليم المناخية والنباتية على عدد من القارات هى أوروبا وآسيا وافريقيا .

هذا وقد حرصت على تزويد الكتاب بعدد كبير من الخرائط والاشكال التوضيحية ، حتى يتمكن القارئ من فهم محتوياته فى سهولة ويسر ، كما عنيت بتوثيقه بقائمة وافية من المراجع العربية وغير العربية .

واننى اذ أقدم هذا الجهد لزملائى وتلاميذى فى مصر وفى بلدان العالم العربى ، لأرجو لهم به النفع ، والله ولى التوفيق .

جودة حسنين جودة

الاسكندرية فى ١٥ ديسمبر ١٩٨٨





## هذه الطبعة

تصدر منقحة ومزيدة بعد نفاذ خمس طبعات في نحو سبع سنوات منذ صدور الطبعة الأولى .

انه لما يثلج صدر المؤلف ، ويشد من أزره ، ويشجعه على تقبل عناء التأليف بنفس راضية ، ذلك الاقبال الطيب من القراء ، الذي يستحق ثناء وتقديرا يجل عن الوصف .

وقد جرى القلم بالتنقيح في سطور هذه الطبعة ، وتم تحديث جميع البيانات ، ومراجعة المعلومات في ضوء ما استجد من كتب وأبحاث ، حتى يبقى الكتاب مواكبا لأحدث المستجدات في الدراسات المناخية والحيوية .

وتلبية لرغبة الزملاء الأفاضل والقراء الأعزاء ، فقد عنيت بالجوانب التطبيقية ، فاضفت دراسات دسمة عن مناخ ونبات ثلاث قارات هي : أوروبا وآسيا ، وأفريقيا ، ومناخ ونبات العالم العربي .

واننى لأرجو أن يحقق الكتاب بصورته الجديدة للقارئ العربي ما يصبو اليه من نفع وفائدة ...

والله ولى التوفيق

جودة حسنين جودة

الاسكندرية في نوفمبر ١٩٩٥





## الفصل الأول

### علم المناخ

- التعريف بالطقس والمناخ .
- علم المناخ بين المتيورولوجيا والجغرافيا .
- أهمية علم المناخ .
- مجالات الدراسة في علم المناخ .
- أفرع علم المناخ (العام ، المحلي ، التفصيلي ، الوصفي ، الإحصائي ، الرياضي ، الشمولي) .
- علم المناخ التطبيقي (الزراعي ، الصناعي ، النباتي ، المائي ، مناخ التربة التطبيقي) .
- تطور علم المناخ (المناخ القديم ، في العهد العربي ، في عصر النهضة ، في القرنين التاسع عشر والعشرين) .
- المناخ المعاصر : النظم في المناخ ، النماذج في المناخ .





## الطقس والمناخ :

قبل أن ندخل في دراسة أهمية علم المناخ وتطوره ، لابد أن نعرض للتعريف به ، وتوضيح الصلات التي تربطه بالعلوم الأخرى ، وخاصة بعلمى المتيورولوجيا والجغرافيا . الواقع أن الصلة قوية للغاية بين علم المناخ Climatology وعلم الأرصاد الجوية أو علم المتيورولوجيا Meteorology بحيث يستحيل وضع حدود فاصلة بين مجالات الدراسة لكل منهما ، فكلاهما يتناول دراسة الغلاف الجوى Atmosphere ومع هذا فقد جرى العرف على التمييز بينهما ، على اعتبار أن علم الأرصاد الجوية يعنى بدراسة الطقس Weather ، بينما يهتم علم المناخ بدراسة المناخ Climate .

ولعل في تعريف كل من الطقس والمناخ ما يسوحى بتمييز الفرق بين العلمين فالطقس عبارة عن حالة الجو في مكان ما من حيث الحرارة والرطوبة والضغط والرياح والأمطار لمدة قصيرة قد تكون يوما أو بعض يوم ، ولذلك فإنه لا بد من رصد وتقرير حالة الطقس بانتظام عن طريق محطات خاصة تسمى محطات الأرصاد الجوية التى تهتم بتدوين متغيرات الجو بصفة مستمرة ، ونشرها للجمهور عبر وسائل النشر والاعلام المختلفة كل يوم . وهناك نشرات للطقس تتم بضع مرات في اليوم الواحد ، بل كل بضع دقائق في حالات خاصة مثل النشرات الجوية في المطارات ومراكز اطلاق صواريخ وسفن الفضاء .

أما المناخ فهو متوسط أحوال الجو المتعاقبة في مكان ما لمدة طويلة قد تكون شهرا أو فصلا أو سنة أو سنوات متعددة . ولهذا نجد أن علم المناخ يهتم بأظهار متوسط أو معدل أحوال الجو التى تسود منطقة ما ، بدلا من اظهار التغيرات اليومية لأحوال الجو في المنطقة والتى يعنى بإبرازها علم المتيورولوجيا أو الأرصاد الجوية ، تلك التغيرات التى قد يكون لها أثرها في بعض النتائج المناخية . هذا بالإضافة الى أن علم المناخ يهتم بتفسير النتائج المناخية التى يستخرجها من متوسطات أو معدلات الاحصاءات الجوية ، وذلك في ضوء العوامل المؤثرة فيها ، سواء جاءت تلك العوامل أو الضوابط من الغلاف الجوى ذاته أو من الغلاف الصخرى أو الغلاف المائى أو الغلاف الحيوى .



وقد درج كثير من الدارسين فيما مضى على تقرير مناخ منطقة ما عن طريق استخدام معدلات عناصر المناخ أو الطقس اليومية والشهرية والسنوية ، بحسبان أن المناخ يمثل معدل حالة الجو ، بينما يمثل الطقس التغيرات التى تحدث لذلك المعدل من يوم لآخر . ومن الواضح أن استخدام المعدلات وحدها لا يكفى بأى حال ، ذلك أن تغيرات الجو وتقلباته فى مثل أهمية المعدلات المناخية ان لم تكن أهم ، فالتغير والاضطراب من أبرز خصائص الجو .

ولكى ندلل على أن مناخ مكان ما لا يمكن تحديده بالمعدلات السنوية لعناصر الطقس وحدها ، نضرب مثالا بالمعدلات الحرارية لمدينة ادنبره باسكتلندا ، ومدينة بوسطون بالولايات المتحدة الامريكية . فالمعدل السنوى لحرارة كلا المدينتين متقارب جدا ، للأولى ٩٣ر٩م° وللثانية ٨٧ر٨م° . لكن المعدل الشهرى للنهاية العظمى ، وللنهاية الصغرى يبلغ فى بوسطون ٢٢ر٢م° ، ٢٣ر٣م° على التوالى ، وفى ادنبره ١٤ر٩م° ، ٣ر٩م° . معنى هذا أن المدى الحرارى السنوى أكبر بكثير فى بوسطون عنه فى ادنبره . ويوضح هذا المثال أن التغير الفصلى فى درجات الحرارة على جانب كبير من الاهمية من وجهة النظر المناخية .

ولنضرب مثالا آخر بأرصاد الحرارة والتساقط فى مدينتى القاهرة وجالفتون Galveston بولاية تكساس والتى يوضحها الجدول الآتى :

المدينة	الحرارة بالدرجات المئوية						التساقط بالسم للمدى
	١	٢	٣	٤	٥	المدى الحرارى	
القاهرة	١١ر٥	١٩ر٨	٢٧ر٢	٢٢ر١	٢٠ر١	١٥ر٧	٣ر٣
جالفتون	١٢	٢٠ر٣	٢٧ر٨	٢٢ر٣	٢٠ر٨	١٥ر٨	١١٧ر١

وهنا لا يقتصر التشابه فى الحرارة على المعدل السنوى ، وإنما يتعداه الى المعدل الشهرى أيضا . ومع هذا فالاختلاف كبير بين مناخ كل من المدينتين ، كما تدل عليه كمية المطر السنوية . ويوضح هذا المثال ضرورة استخدام كل عناصر المناخ عند المقارنة بين مختلف المناخات .

ومن الممكن استخدام عنصر آخر من عناصر المناخ للتفريق بين مناخ

'المدينتين ، لكن ينبغي التأكيد على أن الحرارة والتساقط هما أهم عناصر المناخ ، لما لهما من أهمية عملية .

ولا تكفى المعدلات والمتغيرات الفصلية واليومية لعناصر المناخ لوصف مناخ منطقة ما وصفا كاملا ، إذ لابد من اعتبار التقلبات والتغيرات الجوية ، ومعدلات الشذوذ ، والتباين في قيم مختلف العناصر المناخية .

### علم المناخ بين المتيورولوجيا والجغرافيا :

يرى بعض المهتمين بدراسة ظواهر الجو أن علم المناخ فرع من علم الأرصاد الجوية ، والصلة كما رأينا وثيقة جدا بين الفرعين ، فكلاهما يختص بدراسة الغلاف الجوى . ومع هذا فمن الممكن اعتباره أيضا فرعا من أفرع الجغرافيا لأنه يهتم بتوزيع الظواهر المناخية على سطح الأرض ، وتحليل العوامل المؤثرة في أنماط التوزيع الجغرافي لعناصر المناخ ، سواء كانت تلك العوامل ذات اتصال بالغلاف الجوى أو الصخرى أو المائى أو الحيوى . وتعرف تلك العوامل بضمها بـ 'المناخ' ، وهى تشمل درجة العرض ، وتداخل اليابس والماء ، والتضاريس ، والتيارات البحرية ، وخصائص توزيع الضغط الجوى والرياح . ومعظم هذه الضوابط كما نرى ذات ارتباط وثيق بسطح الأرض ، وطبيعة تبادل المادة والطاقة بين اليابس والماء والجو .

ونحن نرى في دراسة المناخ بعناصره المختلفة التى ترتبط فيما بينها بعلاقات متبادلة ، وبتوزيع أنماطه المتنوعة على سطح الأرض والعوامل المساعدة على ذلك ، فرعا من أفرع الجغرافيا الطبيعية ، باعتبار أن الجغرافيا الطبيعية تختص بدراسة الظواهر الطبيعية على سطح الأرض والتى لم يتدخل الإنسان في وجودها ، ومن بينها الظواهر المناخية .

وإذا كانت الجغرافيا بصفة عامة هى العلم الذى يدرس البيئة (الظواهر الطبيعية) والإنسان (مختلف نواحي نشاطه) من حيث أن كلا منهما يؤثر في الآخر ويتأثر به ، فإن الجغرافيا لا شك يهتم كل الاهتمام بدراسة علم المناخ لما لظواهره من تأثير كبير على أشكال سطح الأرض ، وما ينبت فوقها من نبات طبيعى ونبات مزروع ، وما يجرى عليها من حيوان برى ومستأنس ، وعلى صحة الإنسان ونشاطه ، وعلى ما يسهه ومسكنه وماكله ، وأنماط حرقه .

### أهمية علم المناخ ومجالات الدراسة فيه :

تنبع أهمية علم المناخ من تغلغه كعامل طبيعى عظيم التأثير في تشكيل



• سطح الأرض من جهة ، وفي مختلف نواحي الحياة نباتية وحيوانية وبشرية من جهة أخرى . وقد صار علم المناخ علما تطبيقيا يأخذ معظم أساليب البحث فيه من علم الأرصاد الجوية ، لكن أهدافه في النهاية جغرافية ، ولهذا فعلى دارس علم المناخ من حقل الجغرافيا أن يكون متمكنا من أساليب البحث في الأرصاد الجوية ، حتى يستطيع معالجة المشاكل المناخية باقتدار .

ويهتم علم المناخ بالتطبيقات العملية لدراسة الغلاف الجوى ، ويهدف الى تحديد أنماط احوال الجو وتفسيرها وامكانية استخدامها لمصلحة الانسان . وقد ظهرت أهمية المناخ التطبيقى **Applied Climatology** فى أثناء الحرب العالمية الثانية ، وعظم الاهتمام به فى أعقابها ، وتعددت استخداماته ومجالات دراساته عسكريا ومدنيا .

وفيما يلى مجمل واف لمجالات الدراسات الحديثة وبعض النواحي التطبيقية لعلم المناخ .

### علم المناخ التطبيقى ومجالاته

#### المناخ ومصادر المياه :

للتخصائص المناخية أهمية كبيرة فى التعرف على الموارد المائية لأى قطر أو إقليم وامكانية السيطرة على نمط توزيعها الجغرافى . ولذلك فانه عند دراسة الموارد المائية لأى اقليم ، ينبغى أن ندرس فى البداية ظروفه المناخية . ومن أهم تلك الظروف كمية التساقط ونظام سقوطه ، اذا ما كان فصليا أم طول العام . واذا كان المطر يسقط فى فصل معين ، فينبغى تحديد حالة هذا الفصل الحرارية ، حتى يمكن التعرف على القيمة الفعلية للتساقط ، وأثرها فى طبيعة الجريان السطحى ، كما ينبغى حساب كميات المياه التى تضيع بالتضرب فى باطن التربة **Percolation** ، وبالتبخر **Evaporation** وبالنتح **Transpiration** .

وتختلف مشكلات المحافظة على الموارد المائية فى المناطق الجافة وشبه الجافة عن مشكلات مصادر المياه فى المناطق الرطبة . ففى الأولى تتجه العناية الى استخدام كل قطرة من المياه الاستخدام الأمثل ، نظرا لقلتها وبالتالي شدة الحاجة اليها ، وفى الثانية ينصب الجهد حول درء أخطارها لما تحدثه كثرتها من فيضانات مدمرة ، والاستفادة من الزيادة وقت الحاجة اليها عن طريق مشاريع التخزين والتنظيم . اذا كانت دراسة مصادر المياه من اختصاص علم الهيدرولوجيا **Hydrology** فانه قد نشأ ضمن علم المناخ

فرع تطبيقي مهم هو علم المناخ المائي Hydroclimatology ، وهو الفرع الذي يدرس الجوانب المشتركة بين علمى المناخ والهيدرولوجيا .

### المناخ والموارد الطبيعية :

تلعب الظروف المناخية دورا مهما في المحافظة على الموارد الطبيعية مثل صيانة النباتات الطبيعية ، والمحافظة على المراعى ، وصيانة التربة من الانجراف ، ورعاية الحيوانات البرية ووقايتها من الانقراض .

وتؤثر ظروف المناخ في انبات النباتات الطبيعية وفي تنوعها وتوزيعها على سطح الأرض . والتوافق وثيق بين اقاليم المناخ واقاليم النبات ، ذلك أن النبات انعكاس لظروف المناخ في الأغلب الأعم . مثال ذلك اتفاق توزيع الغابات الاستوائية في مناطق سيادة ظروف المناخ الاستوائى . وبينما يتأثر النبات الطبيعى تأثرا شديدا بكمية الامطار الساقطة في العروض المدارية ، نجده يتأثر بالاختلاف الفصلى في درجات الحرارة في العروض المعتدلة والعروض الباردة .

ويكاد يكون لكل اقليم مناخى حيواناته وطيوره البرية الخاصة به ، اذ يرتبط التوزيع الجغرافى لها بالظروف المناخية الملائمة لمعيشتها ، حتى أن بعض الحيوانات والطيور تضطر للهجرة الفصلية وفقا لتغير الظروف المناخية .

وتتنوع حشائش الرعى الطبيعية تبعا لتباين ظروف المناخ . كما تتنوع فصائل الحيوان وفقا لاختلاف خصائص الحشائش . بل ان هناك صلة وثيقة بين نوعية الحيوان وحجمه ووزنه وادارته للألبان وبين ظروف المناخ .

### المناخ وموارد الغذاء :

تشغل بال العالم مسألة توفير الغذاء للأعداد الضخمة المتزايدة من سكان هذا الكوكب . وعلى الرغم من النجاح الذى حققه الانسان فى مجال انتاج الغذاء عن طريق الزراعة وتربية الحيوان ، فان ظروف المناخ ما تزال لها اليد الطولى فى الانتاج الزراعى . ذلك أن العمل الزراعى يرتبط ارتباطا وثيقا بظواهر المناخ وعناصره كالاشعاع الشمسى والرطوبة والرياح والتساقط وحدوث الصقيع والبرد والضباب والندى .

وقد نشر العديد من الأبحاث والدراسات التى تظهر العلاقة الوثيقة بين المناخ والزراعة ، ومن ثم تبلور فرع من فروع المناخ التطبيقى يعرف باسم



**المناخ الزراعى Agrocimatology** ، الذى يتناول بالدراسة أثر المناخ وأحواله على مواسم زراعة المحاصيل ومواعيد حصادها وجنيها ، وعلى ظهور الآفات الزراعية وانتشارها ، كما يهتم هذا الفرع بتكنولوجيا مقاومة الكوارث الطبيعية التى تصيب مختلف المحاصيل الحقلية والأشجار المثمرة مثل الصقيع والبرد والجفاف أو شح الأمطار . هذا بالإضافة الى التعرف على أنسب الأراضى لزراعة مختلف المحاصيل ، وكيفية زيادة غلة الفدان فى ظل الظروف المناخية السائدة ، وأثر الأحوال المناخية فى مراحل نمو النبات التى يعالجها فرع من العلم يسمى فينولوجيا Phenology ، وظواهر المناخ المؤثرة فى تحديد أوقات اعداد الأرض للمزراعة ومواعيد الإزهار ونضج الثمار .

كما تتدخل دراسة المناخ الزراعى فى تقرير خصائص الدورة الزراعية وتتابع زراعة مختلف المحاصيل حسب ظروف المناخ السائدة أثناء المواسم الزراعية ، وفى اختيار طرق الري المناسبة وتنظيم مناوبات الري ، وأنسب الطرق لصرف المياه الزائدة عن حاجة النبات . ولا شك أن هذا كله يؤدي الى زيادة الانتاج الزراعى ، ومن ثم تنمية موارد الغذاء عن طريق الزراعة .

وتؤثر التقلبات الجوية على خطط التنمية الزراعية حتى فى الدول الكبرى . فقد اضطر «الاتحاد السوفيتى» الى ادخال الكثير من التعديلات فى خطط التنمية الزراعية فى السبعينيات من هذا القرن العشرين ، وذلك بسبب الكوارث والنكسات التى أصيب بها الانتاج الزراعى ، مما اضطره الى شراء الحبوب من الولايات المتحدة الأمريكية حينذاك .

وقد سبقت الإشارة الى أهمية المناخ وتأثيره فى الانتاج الحيوانى من لحوم وأصواف وألبان . وقد ثبت عن طريق أبحاث مكثفة أجريت فى كثير من دول العالم المشهورة بانتاجها الحيوانى كالولايات المتحدة وأستراليا وجنوب أفريقيا ، أن أبقار اللحم تتأثر تأثيرا مباشرا بظروف المناخ السائدة منذ ولادتها وحتى تبلغ من العمر ثلاثين شهرا . ولهذا يجرى اختيار الأنواع من الحيوان التى تنمو نموا جيدا حسب نوعية المناخ السائد . ومثل هذا يقال عن حيوانات الألبان وعلاقة تذبذب ادراجها بين انخفاض وارتفاع حسب تقلبات الحرارة . فهناك درجات حرارة مناسبة لكثرة الادراج ، فإذا انخفضت الحرارة أو ارتفعت عن القدر المناسب قل انتاج اللبن . كذلك الحال حتى بالنسبة للأغصان ، فشدّة الحرارة تقلل الإخصاب بنسب متفاوتة عند الثيران والأغنام ، وبالتالي يقل تكاثرها فى المناخات الحارة .

## المناخ وراحة الانسان :

تؤثر ظروف المناخ على راحة الانسان Human Comfort من عدة وجوه نعالج دراستها تحت هذا العنوان العام وهى : المناخ وجسم الانسان وملبسه ومسكنه وصحته والأمراض والأوبئة التى تصيبه . فبالرغم من التقدم التكنولوجى العنظيم الذى شهدته البشرية فى هذا القرن العشرين والذى عزز قدرة الانسان على التحكم فى ظروف البيئة ، فان المناخ ما يزال يؤثر كثيرا على راحة الانسان ، خاصة فى المناطق المدارية الرطبة ، حيث تقترن الحرارة بالرطوبة ، أو حيث البرودة قارسة ، كما وتؤثر ظروف الجو فى طبيعة الأمراض والأوبئة ، فكل اقليم مناخى مرضه أو أمراضه المتوطنة ، ولهذا فقد ظهر وتطور علم المناخ الطبى Medical Climatology كفرع من علم المناخ وأصبح له كيان وأهمية خاصة .

ويهتم بحاث المناخ التطبيقي Applied Climatology بدراسة أثر ظروف الطقس والمناخ على راحة الانسان ، فهم يعنون بدراسة التغير اليومى فى درجات الحرارة وفى الرطوبة النسبية وفى حركة الرياح ، وأثر ذلك كله على نشاط الانسان ومزاجه وعلى شعوره بالراحة . ولقد سبقت لنا دراسة التقاسيم المناخية البشرية ، وعرفنا أنها تقوم على أساس العلاقة بين المناخ والانسان ، أى بين ظروف المناخ وشعور الانسان بالراحة أو الضيق . وقد أصبح تحليل هذه العلاقة محور دراسات جغرافية مناخية مهمة ومثمرة .

وتتعدد ظروف المناخ وتقلباته التى تؤثر على احساس الانسان بالراحة أو الضيق ، كما تتنوع الوسائل التى يمكن استخدامها لقياس الشعور بالراحة . ويفترض أن يشعر الانسان بالراحة فى ظل ظروف جوية تناسب حرارة جسمه وهى ٣٧°م . وتمثل هذه الدرجة التوازن الذى يحققه الجسم بين الحرارة المفقودة والحرارة المكتسبة ، ويحاول الجسم دائما أن يولد طاقة داخلية عن طريق المواد الغذائية ، وعن طريق حركة عضلاته ليلتاعم مع تقلبات الجو . ويشعر الانسان بالضيق اذا فاقت تقلبات الجو قدرة الجسم على التعادل معها . وهكذا يعيش البشر فى بيئات يتبادل معها الطاقة بمختلف الوسائل كالاشعاع والتوصيل ، وان كان التوصيل يتأثر بالملابس التى يغطي بها الانسان جسمه .

وقد أدت الأبحاث الكثيرة التى أجريت على تحليل أحاسيس الانسان وشعوره بالظروف المناخية ، الى استخدام استجاباته للتغير فى تلك الظروف مقياسا لمدى ملائمة ظروف مناخية معلومة له ليشعر بالراحة ، ثم لمدى



الضيق الذى يشعر به عندما تتغير تلك الظروف . وقد أمكن لعلماء المناخ التطبيقى تطوير بعض الأساليب المفيدة فى تحديد العلاقة بين المناخ والانسان . ومن أهم هذه الوسائل الحرارة الفعالة **Effective Temperature** والمحصلة الحرارية **Resultant Temperature** والحرارة القياسية **Standard Operative Temp** ومعامل التقبل الحرارى **Thermal Acceptance Ratio** .

والحرارة الفعالة هى أكثر الأساليب استخداما للتصنيفات المناخية البشرية ، وقد استخدمها جافنى **Gaffney** عام ١٩٧٣ فى تقسيم الاقاليم المناخية باستراليا ، كما طورها تيرجونج **Terjung** جغرافيا بحيث أخذ فى الحسبان كلا من الاشعاع الشمسى **Insolation** وتأثير الريح **Wind Chill** عند تقسيمه للأقاليم المناخية الفيزيولوجية فى الولايات المتحدة الامريكية . أما موندنر **Maunder** فقد أخذ فى الحسبان عند تقسيمه قارة استراليا الى اقاليم مناخية بشرية عدا كبيرا من المتغيرات المناخية التى تؤثر على احساس الانسان بالجو وشعوره بالراحة والضيق منه .

وقد تمخضت هذه الدراسة عن تصنيفات مناخية مفيدة فى كثير من المجالات التى من أهمها :

١ - فى مجال جغرافية السياحة ، فالظروف المناخية تتحكم فى اختيار مواقع المشاتى ومناطق الاصطياف ، كما تؤثر على طبيعة الألعاب الرياضية التى تناسب كل فصل من فصول السنة ، وفى التقاسيم المناخية البشرية ارشادات لتحديد أفضل المناطق للتنزه والاستجمام ، وأنسب الأوقات لممارسة هذا النشاط ، وأكثر أنواع الملابس ملائمة ، ويمكن عن طريق هذه التصنيفات اكتشاف مناطق جديدة لقضاء العطلات .

٢ - فى مجال الجغرافيا الطبيعية ، فقد برهنت التقاسيم المناخية البشرية على أهميتها فى تحديد المناطق التى تنتشر فيها الأمراض ، وبحث العلاقات بينها وبين ظروف المناخ السائدة ، كما أنها مفيدة فى اختيار أنسب المناطق لمرضى أنواع معينة من الأمراض ، فقد يصلح الجفاف مثلا لمرضى الصدر .

٣ - فى مجال جغرافية المدن ، فالمدن أضحت ذات خصائص مناخية تميزها عن الريف المحيط بها . وفيها يظهر تأثير الانسان على ظروف المناخ بصورة واضحة . ذلك أن المدن الكبرى تحظى بتجمعات بشرية كبيرة ، وفيها تنتشر المساكن ، وتكثر المصانع ، وتتعدد وسائل النقل والمواصلات ،

وكلها عوامل مهمة في التأثير على عناصر المناخ في المدينة الكبيرة مثل الحرارة والرطوبة وسرعة الرياح والأمطار ، لدرجة أنه يمكن القول بأن كل مدينة كبيرة قد صنعت لنفسها مناخا محليا خاصا بها .

وقد تبين من مختلف الدراسات التفصيلية أن درجات الحرارة الدنيا في المدن الكبيرة أعلى منها في الريف المجاور ، واحتمالات حدوث الصقيع أقل، وذلك لأن المدن تستهلك كثيرا من الوقود في المصانع والمنازل والسيارات مما يعمل على تدفئة أجوائها . كما أن أمطار المدن أغزر من أمطار الريف المجاور واحتمالات هبوب عواصف الرعد والبرق وتساقط البرد أكثر ، وذلك لأن جو المدن أكثر تلوثا بكثير من هواء الريف ، وعواصف الجو مهمة في أحداث التساقط .

وتظهر مواضع المدن على خرائط الحرارة المحلية في شكل مراكز شذوذ حراري موجب تسمى الجزر الحرارية **Heat Islands** ، لأنها تمثل مراكز محلية تختلف في حرارتها اختلافا واضحا عن جهات الريف المحيط بها . ويزداد تأثير المدن على حرارة جوها أيام العمل ، لكن الحرارة تنخفض أيام العطلات الرسمية وعطلات نهاية الأسبوع حينما يتوقف العمل فيها ، ويصل الفرق الحراري بينها إلى نحو ١٠ - ١٢°م .

ويعد المناخ من الأمور المهمة التي توضع في الحسبان عند اختيار مواقع المدن الجديدة وتخطيطها . وهنا يتدخل بحاث المناخ التفصيلي **Microclimate** لدراسة مدى تأثير هذا الموضع بالرياح المحلية حسب الموقع سواء كانت تلك الرياح ممثلة بنسيم البر والبحر ، أو بنسيم الجبل والوادي ، وبإمكانية حدوث الضباب ، ومدى تعرض الموضع للعاصير والسيول ، وظروف الحرارة تبعا للارتفاع .

ويدخل المناخ كعامل مهم أيضا في تخطيط مراكز العمران الجديدة ، وفي تحديد اتساع الطرق والشوارع وارتفاع المباني وتوزيع الحدائق العامة ، لضمان وصول نسبة معقولة من أشعة الشمس إلى المنازل ، ومعرفة الاتجاه السائد للرياح مهم في تعيين مواضع المصانع حتى لا تتأثر الأحياء السكنية بالدخان والغبار الصناعي .

وبالرغم من أن وسائل التدفئة والتبريد الحديثة قد جعلت من المناخ عاملا ثانويا داخل المسكن ، فإن المهندسين يعنون عند تصميم المساكن باعتبار الخصائص المناخية في توجيه المساكن واختيار المواد التي تبنى منها ، لأن

السطح الخارجى للمنزل يظل معرضاً لأحوال الجو السائدة . ذلك أن أسقف المنزل وجدرانه تمتص مقداراً من الأشعاع الشمسى وتعود فتشعه الى الداخل ، كما أن الجدران الجنوبية والشرقية تحظى بأشعاع شمسى يفوق ما تناله الجدران الشرقية والشمالية ، وقد وجد أن الفرق في حرارة الجدران المعرضة للشمس وتلك الواقعة في الظل قد يصل الى ٢٠°م .

### المناخ وتلوث الجو :

اهتم كثير من بحاث المناخ بدراسة تلوث الهواء Air Pollution وذلك بسبب آثاره السيئة على صحة الانسان . ويرتبط بتلوث الهواء مشكلة عامة تخص الغلاف الجوى بكامله ، ومشكلة محلية تتصل بجو المدن خاصة منها المدن الصناعية . وفي كلتا المشكلتين تتدخل الدراسات المناخية لمكافحة التلوث عن طريق تحليل أبعاده والكشف عن آثاره ومضاعفاته سواء على المستوى المحلى أو على مستوى الغلاف الجوى بأجمعه .

أما المشكلة المحلية فتختص بارتفاع درجة تلوث هواء المدن الصناعية بالدخان والغبار الصناعى والغازات السامة التى تنفثها مداخن المصانع بصفة مستمرة ، وشدة أخطار هذا التلوث على صحة الانسان وحياته . وقد قدر مقدار ما يخرج من عوادم المصانع ويلوث جو مدينة ليدز بالمملكة المتحدة ما يزيد على ٣٥ ألف طن كل عام . ويؤثر انتشار هذه الشوائب فى الأشعاع الشمسى فيحجز قسماً منه ويرده للفضاء ويمتص قسماً آخر ، ويسبب حدوث الضباب الأسود الذى يهلك البشر . ومثل هذا الضباب الذى خيم على مدينة لندن عام ١٩٠٢ تسبب فى مصرع عدة آلاف من سكان المدينة . وحدث مثل ذلك فى وادى الميز Meuse ومنطقة الرور عام ١٩٣٠ حيث تنتشر المصانع التى تدار بالفحم كوقود .

وبسبب كوارث التلوث وأخطارها المحدقة ، اهتم بحاث المناخ بدراسة أجواء المدن الصناعية والمعدن الكبرى المكتظة بالسكان ، لتقرير مكونات التلوث ، وتحديد آثاره على مناخ المدن ، وعلى صحة سكانها .

أما مشكلة تلوث جو كوكب الارض بصفة عامة فتتلخص فى التعميدات التى أدخلها نشاط الانسان على التركيب الكيميائى للهواء منذ بداية الثورة الصناعية وحتى الآن ، والتى تتمثل فى زيادة نسبة ثانى أكسيد الكربون فى الجو ، ثم تلوث طبقة الاستراتوسفير .

ويوجد ثانى أكسيد الكربون فى الجو بنسبة مقدارها حوالى ٠.٣٪



ويقدر العلماء أن الزيادة التي طرأت على هذه النسبة منذ بداية الثورة الصناعية وحتى الآن تبلغ نحو ١٠ ٪ . وتؤثر زيادة هذا الغاز على المناخ لأنها تؤثر على موازنة الإشعاع لسطح الأرض . ذلك أن غاز ثاني أكسيد الكربون يمتص قسما من الإشعاع الأرضي ويمنعه من النفاذ إلى الفضاء ، وهذا يؤدي إلى رفع درجة الحرارة وصهر قسم من الجليد المتراكم فوق المناطق القطبية وفوق أعالي الجبال ، ويترتب على ذلك رفع منسوب البحار والمحيطات وطمغيانها على السهول الساحلية المنخفضة والعامرة بالسكان . ولهذا فقد حظى هذا الموضوع بدراسات مكثفة من قبل العديد من رجال المناخ للوقوف على أثر زيادة نسبة ثاني أكسيد الكربون في الجو على ارتفاع درجة الحرارة العالمية .

أما تلوث طبقة الاستراتوسفير فيأتي عن طريق الطيران النفاث ، الذي ينثف كميات هائلة من بخار الماء وثاني أكسيد الكربون وأول أكسيد الكربون وأكاسيد النيترات . وتعمل هذه الغازات على تناقص نسبة غاز الأوزون ، وارتفاع نسبة تكون السحب ، وارتفاع درجة حرارة طبقة الاستراتوسفير يصل إلى نحو ١٥ م° . وكلها ظواهر خطيرة يحثى بدراستها علماء المناخ .

### المناخ والتصحر :

أيدت كثير من كتابات العلماء أثر المناخ في خلق الظروف الصحراوية ، حيث ساهمت حركة وتخيرات الكتل الهوائية ضد الاعصارية (نطاق الضغط المرتفع حيث الهواء الهابط) خلال العقود القليلة الماضية في حدوث زحف للصحراء الكبرى الأفريقية نحو الجنوب ، عن طريق هبوب الرياح التجارية الجافة . فتحوّلت بذلك الأراضي المتاخمة للهامش الجنوبي من الصحراء إلى أراضى صحراوية قاحلة . فقد كان النطاق شبه الصحراوي في السودان قبل عشر آلاف سنة يشغل المنطقة المحصورة بين دائرتي عرض ١٦ - ١٨° شمالا ، والتي تحولت الآن إلى صحراء جرداء .

ولاشك أن العامل البشري مهم في عملية التصحر من خلال زيادة السكان وضغطها على المواد الطبيعية في التقاليم الهامشية ، وسوء استخدام الأرض بالزراعة والرعى الجائرين ، والاحتطاب ، والاستغلال السيئ للأشجار ، مما يؤدي إلى تدهور التربة والغطاء النباتي وبمجل ظاهرة التصحر .

ويمكن القول بأن التوازن البيئي القائم في هذه التقاليم الهامشية شبه الصحراوية بين الأرض والغطاء النباتي والظروف المناخية متذبذب وغير

ثابت ، ويجعل أى تغير طارىء يخل بهذا التوازن ، ولا سيما اذا ما صاحبه استخدام جائر للأرض مما يؤدي الى التصحر .

هذا وتقدر الزيادة التى طرأت على مساحة الأراضى الصحراوية المجدية بنحو مليون كيلو مترا مربعا منذ بداية الثلاثينيات من هذا القرن العشرين ، مما يهدد موارد الغذاء لنسبة كبيرة من سكان المعمورة تصل لنحو ١٦ ٪ .

وقد طور جيول شارنى Jule Charney عام ١٩٧٥ الباحث فى معهد ماساتشوسيتس للتكنولوجيا بالولايات المتحدة نموذجا مناخيا يبين تأثير زيادة معامل انعكاس الأشعة الشمسية **Albedo** من الصحارى على عملية التصحر . وقد حاول شارنى أن يتتبع فى نموذجه أثر تناقص الغطاء النباتى فى الهوامش الصحراوية على زيادة معامل انعكاس الأشعة ، وزيادة نشاط حركة التيارات الهوائية الهابطة ، مما يزيد جفاف الهواء ، ويعاون بالتالى على اتساع مساحة الصحراء . معنى ذلك أن تحول جزء من الهامش الصحراوى الى صحراء يساعد على البدء فى تحول جزء آخر الى التصحر بفعل التعديلات المناخية (زيادة الجفاف) التى تحدثها عملية التصحر .

### المناخ والطاقة والصناعة والنقل :

تلعب أبحاث المناخ التطبيقى دورا مهما فى الجهود المبذولة لتنمية مصادر الطاقة والحفاظ عليها ، والاقتصاد فى استخدامها واستهلاكها ، وفى البحث عن وسائل جديدة لتنويع مصادرها . مثل طاقة الرياح والأمواج الشمسية . وتتدخل ظواهر الجو كالبرق وتساقط الثلج وتراكم الجليد فى التأثير على وسائل نقل بعض أنواع الطاقة مثل الطاقة الكهربائية .

ويعتبر المناخ أحد العوامل المؤثرة فى الصناعة ، وفى اختيار مواقعها ، ذلك أن التفاوت فى درجات الحرارة وتساقط الثلوج ، والرياح العاتية ، والأعاصير العنيفة ، والأمطار الغزيرة ، والتفاوت فى نسب الرطوبة ، كلها ظواهر مناخية تؤثر فى كثير من المشاريع الصناعية . مثال ذلك صناعات القطن التى تتطلب رطوبة عالية لذلك تركزت فى اقليم لانكشير فى غربى انجلترا ، بينما توطنت صناعة الصوف فى شرقيها فى اقليم يوركشير حيث الرطوبة أقل ، وارتفاع الرطوبة فى النصف الشمالى من الدلتا المصرية هو من بين أسباب تركز صناعات القطن فى المحلة الكبرى وكفر الدوار والاسكندرية . ومثل هذا يقال عن صناعة السيجار والسجاير التى تتطلب أيضا رطوبة عالية .

ويقل ارتفاع الحرارة الشديدة أو انخفاضها الكبير من القدرة الانتاجية للعمال ، فاذا ما زادت عن ٣٠°م أو انخفضت عن الصفر ، هبطت انتاجية العامل الى اقل من النصف . كما وأن اعتدال الحرارة وكثرة ساعات سطوع الشمس يساعد على توطن صناعات معينة مثل صناعة الطائرات وصناعة السينما كما في ولاية كاليفورنيا بالولايات المتحدة الامريكية .

ويعد المناخ اهم العوامل التى تؤثر فى حركة النقل بأنواعه المختلفة ، وتأتى الملاحظة الجوية فى مقدمة هذه الانواع من حيث تاثيرها بالظروف المناخية ، ولهذا فالارتباط وثيق بين الأرصاد الجوية والطيران ، ويصير تزويد قائد الطائرة ببيانات شاملة عن جميع أحوال الطقس على امتداد رحلته ، وفى ضوءها يستطيع أن يقرر خط سير رحلته ، وأن يحدد أنسب ارتفاع يطير فى مستواه . ومثل هذا يقال عن الملاحة البحرية وارتباطها باتجاه الرياح وسرعتها ، وتأثيرها بالأنواء والعواصف والزوابع والأعاصير التى تثير الأمواج العاتية .

وتتأثر حركة النقل البرى أيضا بالتقلبات المناخية . فالضباب والعواصف والأعاصير ، والرياح المحملة بالأتربة ، والأمطار الغزيرة السيلية ، والثلوج المتراكمة ، وتجمد مياه الأنهر والبحيرات والتربة فى شتاء الأقاليم المعتدلة الباردة والباردة ، وارتفاع الحرارة الشديدة فى الأقاليم المدارية الحارة والجافة ، كلها ظواهر مناخية ذات تأثير بالغ فى طرق ووسائل النقل البرية والبحرية والسكك الحديدية .

وما من شك فى أن الدراسات المناخية عامل مساعد يتوخاه مصمموا الطرق ووسائل النقل ، لكى تتناسب مع الأجواء التى توجد فيها .

### المناخ والحروب والصناعات الحربية :

تلعب ظروف الطقس والمناخ دورا بارزا فى سير المعارك الحربية وحسم نتائجها . وكثيرا ما كانت ظواهر الجو سببا فى خسارة أو كسب بعض المعارك المهمة . ومن المؤكد أن بعض فصول السنة تكون أنسب من غيرها لنجاح العمليات الحربية ، ويذكر التاريخ أن من بين الأسباب الرئيسية لفشل حملة نابليون على أراضى روسيا خطأه فى اختيار موعد الغزو فى فصل الشتاء القارس البرودة . بينما نجح الألمان فى غزوهم الخاطف لبولندا أثناء الحرب العالمية الثانية لحسن اختيارهم لموعدهم للهجوم أثناء انقطاع هطول الأمطار . وبحسب نوع الأسلحة يختار القائد موعد العمليات الحربية ، فالجيوش النظامية التى تستخدم الأسلحة الثقيلة والطائرات تفضل الأشهر



التي تقل فيها الأنواء والأمطار للقيام بعمليات الغزو ، بينما يفضل قادة حروب العصابات الأيام الممطرة للقيام بهجماتهم المفاجئة في حماية الطقس العابس الماطر .

وتراعى صناعات الحرب ظروف الطقس والمناخ في تصميم الأسلحة والمعدات الحربية ، بل وفي تصميم ملابس الجنود وتحديد نوع غذائهم .

هذا وتطالعنا الصحف كل يوم بأنباء تأجيل إطلاق صاروخ أو سفينة فضاء أو مكوك فضائي لسوء الأحوال الجوية . وتقريب إلى الإذهان فشل تجربة المكوك الفضائي الأمريكي والكارثة التي حلت بملاحيه بسبب سوء اختيار موعد إطلاقه ، وتعرضه للآثار الضارة التي لحقت به بسبب اضطراب أحوال الجو (كان ذلك في عام ١٩٨٧) .

### أنزع علم المناخ :

بعد أن عرضنا لأهمية المناخ ومجالات الدراسة والبحث فيه ، يمكننا أن نميز فيه عدة فروع حسب الموضوعات التي تعالجها ، وهي :

#### ١ - علم المناخ العام Microclimatology :

ويدرس مختلف عناصر المناخ وظواهر الجو والعوامل المؤثرة على مستوى سطح الأرض جميعا ، كما يعالج هذه الخصائص على مستوى القارات .

#### ٢ - علم المناخ المحلي Local Climatology :

ويدرس مختلف عناصر المناخ وظواهره في مناطق محدودة المساحة .

#### ٣ - علم مناخ المناطق المتوسطة المساحة Mesoclimatology :

يعالج هذا الفرع ، كما يدل الاسم ، ظواهر المناخ وخصائصه في مناطق متوسطة المساحة ، عادة ما تكون في حدود مساحة دولة .

#### ٤ - علم المناخ التفصيلي Microclimatology :

وتختص الدراسة فيه بمناطق محدودة جدا من سطح الأرض وفي مجال بضعة الأمتار السفلى من الغلاف الجوي الملاصقة لسطح الأرض . فيهتم بدراسة مناخ المدن أو أجزاء منها ، ومناخ المزارع ، ومناخ الغابات ومناخ سطح التربة في منطقة معلومة ، أي مناخ طبقة من الهواء سمكها نحو المتر الملاصقة لسطح التربة . ويعتبر جايجر R. Geiger عالم المناخ الألماني

الرائد الأول لعلم المناخ التفصيلي ، وما يزال كتابه الذي ظهر لأول مرة عام ١٩٥٠ ، وتعددت طبعاته بعد ذلك ، هو أعم الكتب التي صدرت في موضوع المناخ التفصيلي ، ونشرت له مطبعة هارفارد كتابا في المناخ التفصيلي بالانجليزية عام ١٩٦٥ (أنظر قائمة المراجع) .

#### ٥ - المناخ الوصفي *Climatology* :

ويهتم بوصف البيانات المناخية وتبويبها ووضعها في جداول ثم تمثيلها في رسومات بيانية . ومن أشهر الكتب في هذا المجال كتاب كيندرو Kendrew المعروف باسم مناخ القارات *The Climates of the Continents* .

#### ٦ - المناخ الاحصائي الرياضي :

وهو يهتم باستخدام الاشكال الاحصائية والمعادلات الرياضية في تمثيل البيانات المناخية ، الى جوار الوصف ، ومن ثم فهو أكثر تطورا للدراسات المناخية من المناخ الوصفي .

#### ٧ - المناخ الشمولي أو الاجمالي *Synoptic Climatology* :

وكان يعرف قديما باسم علم المناخ الديناميكي *Dynamic Climatology* وهو يدرس خصائص الغلاف الجوي وظواهره بصفة عامة ، ويستخدم قواعد علم الفيزياء وعلم الهيدروديناميكا في تلك الدراسة . ويستفاد منه في بناء النماذج المناخية والتنبؤات الجوية .

#### علم المناخ التطبيقي *Applied Climatology* :

ازدادت أهمية المناخ التطبيقي أثناء الحرب العالمية الثانية وما بعدها ، تبعا لما أظهرته الحرب من أهمية بالغة لظواهر الطقس والمناخ في سير المعارك ، إضافة الى ما صاحب ذلك من تقدم الأرصاد الجوية ، وكل ما يرتبط بها من دراسات الطقس والمناخ . ولم يقتصر المناخ التطبيقي على الشؤون الحربية والعسكرية ، بل اتجه الى النواحي التطبيقية البشرية لحل المشاكل الاقتصادية العديدة والمتنوعة والتي أغرقتها كوارث الحرب ، على نحو ما سبق شرحه .

وقد غدت الجوانب التطبيقية لعلمي المناخ والأرصاد الجوية ميسرة بعدهما تقدم البحث في مجال علم المناخ التفصيلي ، وبذلك تشعبت موضوعات التطبيق في علم المناخ وشملت كل نواحي الحياة البشرية على النحو التالي :

Agroclimatology

□ المناخ التطبيقي الزراعى

Industrial Climatology

□ المناخ التطبيقي الصناعى

Medical Climatology

□ المناخ التطبيقي الطبى

Phytoclimatology

□ المناخ التطبيقي النباتى

Pedoclimatology

□ مناخ التربة التطبيقي

Hydroclimatology

□ المناخ التطبيقي المائى

## تطور علمى الارصاد الجوية والمناخ

### ظواهر الجو فى مفهوم شعوب الحضارات القديمة :

استرعت تقلبات الجو انتباه الانسان وأثارت اهتمامه منذ أقدم العصور ، فقد كان يبهره تغير الجو وسقوط الأمطار وحدوث البرق والرعد ، فحاول أن يفهم هذه الظواهر ، ويبحث عن أسبابها ، فاذا ما أعيتته الحيل ، وعجز عن تفسيرها ماديا ، وأدرك قوتها الهائلة التى تتحكم فى حياته اليومية ، لجأ إلى مناجاتها والتقرب إليها بالتقديس والعبادة . فاذا كانت ظواهر الجو البارزة تقتزن لدى شعوب الحضارات القديمة بآساطير والخرافات ، وما يزال بعضها قائما حتى وقتنا الحاضر بين الشعوب والجماعات البدائية فى أنحاء متفرقة ومعزولة عن نور المعرفة والعلم .

وقد كان المصريون الفراعنة والصينيون القدماء وشعوب بابل وآشور أقدم الشعوب التى اهتمت بملاحظة الجو وظواهره ، ونظرا لأنهم جميعا أصحاب حضارات زراعية ، فقد كانت محاولاتهم موجهة للتنبؤ بالفصول ومواسم الزراعة عن طريق ملاحظة النجوم وتقدير مواقعها ، ولتحديد الزمن والتنبؤ بتقلبات الجو بواسطة مراقبة أوجه القمر أيضا . وقد كانت الشمس معبود الفراعين فى صورة الاله «رع» و «آمون» أو قرص الشمس «آتون» ، وهو المسئول فى نظرهم عن وصول أشعة الشمس الى سطح الأرض ، وبعث الحياة فى كل الكائنات الحية .

واعتقد الاغريق (اليونانيون القدامى) أيضا فى قدرة الظواهر الجوية والالهوها ، فاعتبروا الاله بورياس Boreas مسئولاً عن هبوب الرياح ، والاله بلوفيموس Pluvius عن سقوط الأمطار . ولكن بعضا من علمائهم نظروا الى ظواهر الجو نظرة علمية ، فوضعوا التقاويم التى تخص الرياح واتجاهاتها وخصائصها ، وأقاموا فى القرن الثانى قبل الميلاد برجاً فى وسط مدينة أثينا عرفت باسم «برج الرياح» ، وكان البرج مزوداً بساعة مائية ، وله ثمانية



أوجه ، يشير كل وجه منها الى جهة من الجهات الأصلية والفرعية التى تهب منها الرياح ، وحفروا فى كل وجه شكلا يشير الى نوع الرياح وخصائصها التى تهب من جهة هذا الوجه .

وقد وضع أبو قراط كتابا فى عام ٤٠٠ ق.م ، يبحث فى العلاقة بين الظروف الجوية والانسان ، ووضع له عنوانا هو : الهواء والمياه والأماكن وتبعه أرسطو الذى كتب موسوعة أسماها المتيورولوجيا Meteorologica الذى يعتبر أول كتاب يبحث فى ظواهر الجو بصورة واقعية . وفيه قسم أرسطو الجو الى ثلاثة مستويات : السفلى يعيش فيه النبات والحيوان والانسان ، والمستوى الأوسط ويتميز بشدة برودته ، ثم المستوى العلوى وهو شديد الحرارة ، وتجاوره النيازك والشهب . لم يكن لدى أرسطو ومواطنيه أجهزة لقياس ظواهر الجو ، لهذا كانت آراؤهم وأفكارهم مبنية على الملاحظة والتأمل ، ولم يكن من المستطاع الوصول الى قواعد وأصول لعلوم الطقس والمناخ .

### ظواهر الجو عند العرب المسلمين :

ساهم العلماء العرب المسلمون فى انماء وتطوير علم المناخ ، ففى عصر الترجمة أيام الخليفة المأمون العباسى ، وقف العرب المسلمون على علوم الاغريق عن طريق ترجمتها الى العربية ، ومن بينها كتب المناخ التى فحصوها ، وتركوا ما بها من خرافات ، وحافظوا على ما بها من أفكار قيمة ، اعتبروها قواعد ومبادئ انطلقوا منها الى رحاب الفكر العلمى الصحيح .

وقد ساعد العرب على بذل الجهود فى ميدان الدراسات المناخية أمران :

١ - اشتغال العرب بالتجارة وركوب البحر ، ورحلاتهم الدائمة فى بحر العرب وفى المحيط الهندى ، أعانهم على ملاحظة الجو والدورة الهوائية فوق المحيط الهندى ، كما حفزهم على دراسة الرياح الموسمية ، والأعاصير والزوابع المدارية التى كانت تعترض مسارات سفنهم فى رحلاتها بين جنوب شبه الجزيرة العربية وجنوب آسيا وجنوب شرقها . ومن الواضح أن كلمة Monsoon التى تعنى الرياح الموسمية مأخوذة أصلا من الكلمة العربية «موسم» ، وكلمة تيفون Typhoon التى تطلق على الزوابع فى المحيط الهادى والهندى مأخوذة أيضا من كلمة «طوفان» العربية .

٢ - الفتوحات الاسلامية ، وتراعى أطراف الامبراطورية الاسلامية

• ودخول العرب في أجواء جديدة تتميز بظواهر مناخية متباينة ، ومختلفة  
عن ظواهر المناخ في بلادهم الأصلية ، كل ذلك كان دافعا لعلمائهم على  
دراسة الصلات بين أنماط المناخ وظواهر الطقس وتأثيرها في عادات الشعوب  
وتقاليدهم وأوجه نشاطهم .

ويعد علي بن الحسين المسعودي المتوفى سنة ٩٥٧م من أبرز من كتب  
في ظواهر المناخ من المفكرين العرب . وقد كتب في مؤلفه «مروج الذهب  
ومعادن الجواهر» وفي كتابه المسمى «الأوسط» ، عن استدارة الأرض  
والغلاف الجوي المحيط بها وعن طبيعة العواصف، كما وصف الرياح الموسمية  
في الخليج العربي (الفارسي) وبحر العرب والمحيط الهندي . وتناول في  
كتابه «التنبية والإشراف» الأغلاك وهيئاتها ، وفصول السنة والرياح  
واتجاهاتها وآثارها .

• أما أبو الريحان محمد البيروني المتوفى في سنة ١٠٤٨م ، الذي كان  
موسوعة علمية ، فقد كتب الكثير عن ظواهر الجو ، وشرحها شرحا طبيا ،  
ومنها الرياح الموسمية وأثر جبال الهيمالايا في مساراتها وفي سقوط الأمطار ،  
كما عرض لمناخ مختلف البلدان التي زارها .

وفي مقدمة ولي الدين بن خلدون الذي توفي عام ١٤٠٦م دراسات  
مستفيضة ودقيقة عن المعتدل من الأقاليم والمنصرف ، وتأثير الهواء في ألوان  
البشر ، وفي الكثير من أحوالهم . وتتضح في كتاباته الحتمية الجغرافية  
التي اشتهر بها حديثا هانتينجتون Huntington الشديد التعصب لعامل  
المناخ على أنه العامل الرئيسي في تطور الحضارة الانسانية ، وفي تحديد  
مراكزها . وقد عزا أسباب الاختلافات المناخية من مكان لآخر بالتباين في  
زوايا سقوط أشعة الشمس تبعا لدرجات العرض المختلفة .

### تطور علم المناخ في عصر النهضة وحتى نهاية القرن الثامن عشر :

الواقع أن أصول علم المناخ الحديث نجدها بداية في عصر النهضة  
الحديثة Renaissance في أوروبا ، حين بدأ اختراع أدوات الرصد الجوي  
والتسجيل الآلي لبيانات عناصر الطقس . فأخذت دراسات الطقس والمناخ  
تخطو بعد ذلك خطوات واسعة في طريق النمو والتقدم ، واحتلت مكانة  
طبية بين العلوم الطبيعية منذ ذلك الوقت . وقد ساهم في هذا التطور  
والتقدم اختراع أجهزة الرصد الحديثة مثل الترمومتر أو ميزان الحرارة  
الذي اخترعه جاليليو Galileo في عام ١٥٩٠م ، والبارومتر أو مقياس  
الضغط الجوي الذي اخترعه توريثيلي في سنة ١٦٤٣م .

وقد كان اختراع هذين الجهازين بداية لمرحلة جديدة ومهمة للغاية في تاريخ وتطور علم الارصاد الجوية والمناسخ ، ونهاية لمرحلة طويلة امتدت منذ أقدم العصور البشرية وحتى القرن السادس عشر الميلادى ، أثناءها كانت دراسات ظواهر الجو تعتمد على الملاحظة والوصف ، ثم الخروج بنتائج غير دقيقة ، معظمها يعتمد على مجرد التخمين . وقد ساعد اختراع هذين الجهازين على انشاء عدة مراصد صغيرة في بلدان متفرقة من قارة أوروبا ، يتم فيها قياس درجات الحرارة والضغط الجوى ومن ثم بدأ يشيع استخدام المنهج العلمى المبني على الملاحظة والقياس في الدراسات المناخية .

وقد شهد القرن السابع عشر تقدما ملحوظا للدراسات الخاصة بظواهر الجو خصوصا في ايطاليا وبريطانيا والولايات المتحدة . فقد حظيت هذه الدراسات باهتمام كبير من جانب الأكاديمية الايطالية والمشتغلين بها من تلاميذ جاليليو ، وأنشأ فرديناند الثانى دوق توسكانيا عدة محطات للرصد في شمال ايطاليا في عام ١٦٥٣ . وكان هذا حافزا على تطوير صناعة أدوات الرصد لقياس الحرارة والضغط وكميات المطر . وقام عالم الفلك البريطانى ادموند هالى E. Halley في عام ١٦٨٦م بنشر دراسات قيمة عن الرياح الموسمية ، وذكر أن سبب هبوبها يرجع الى اختلاف الحرارة بين اليابس والماء من جهة ، وبين دائرة الاستواء والقطبين من جهة أخرى ، كما نشر في عام ١٦٨٨ أولى الخرائط المناخية في أوروبا ، وضح فيها نظم الرياح التجارية والرياح الموسمية ، وقد جاءت خريطته صحيحة الى حد كبير ، رغم أنها كانت مبنية على ما كان يرويه الملاحون في وصفها ، فلم تكن هناك أرصاد واقعية حينذاك . أما في الولايات المتحدة فقد تم العثور على خريطة للطقس في احدى قلاع حوض نهر ديلاوير Delaware رسمها جون كامبانيوس في عام ١٦٤٤ .

وفي خلال القرن الثامن عشر انتشرت المراصد الجوية في أوروبا ، وتجمعت حصيلة ضخمة من البيانات المناخية ، كان لزاما على المشتغلين بظواهر الطقس تلخيصها وتحليلها وتمثيلها . كما حاول بعض الباحث مثل هادلى Hadley في عام ١٧٣٥ ، التوصل الى تفسير اتجاهات الرياح عن طريق فاعلية وتأثير دوران الأرض حول نفسها ، وان كان التفسير الكامل لهذه العلاقة لم يتم الا في أوائل القرن التاسع عشر الميلادى . ولم يقتصر الأمر على الاهتمام برصد وتفسير ظواهر الجو في المستويات السفلى من الجو ، بل اتجه اهتمام بعض العلماء مثل ويلسون Wilson الاسكتلندى الى قياس حرارة الهواء في المستويات العليا ، وذلك عن طريق ربط



. ترمومترات بطائرات ورقية ، وكان هذا لفتا لانتباه المشتغلين بعلوم الجو لأهمية معرفة خصائص الطبقات العليا من الجو عن طريق اختراع أدوات وأجهزة تعين على ذلك ، فاستخدمت البالونات فيما بعد .

### تطور علم المناخ خلال القرن التاسع عشر :

ومع بداية القرن التاسع عشر ، تبدأ مرحلة جديدة في تاريخ علمى الطقس والمناخ ، وكان قد أقيم بدول أوروبا حوالى ١٢ محطة للرصد الجوى ، وخمس محطات بالولايات المتحدة الأمريكية . وفى النصف الاول من ذلك القرن ، اتجه العلماء نحو محاولة تفسير ظواهر الجو ، وكان جل اهتمامهم منصبا على دراسة الأعاصير والزوابع ومحاولة تفسير حدوثها .

وكان العالم الألمانى دوف H. W. Dove من أبرز علماء القرن التاسع عشر الذين ساهموا فى انماء الدراسات الخاصة بظواهر الطقس والمناخ خلال ذلك القرن . فقد عنى بدراسة الكتل الهوائية المدارية والقطبية ، وفسر بتواليها الاختلافات المناخية ، كما فسر نشأة العواصف والأعاصير بالتقائها . وكان أول من حسب عن طريق معادلة رياضية الموازنة الاشعاعية لمكان ما ، بناء على المقارنة بين الاشعاع الشمسى الذى يكتسبه المكان وما يفقده نفس المكان بالاشعاع الأرضى ، كما رسم أول خريطة للعالم لتمثيل المعدل الشهرى لدرجات الحرارة فى عام ١٨٥٠ م .

أما مواطنه المتيورولوجى برانديز Brandes الذى رسم خرائط للطقس Synoptis Charts واستعان بها فى دراسة ظواهر الجو ، فكان الرائد الأول لهذا اللون من الدراسة . واهتم مورى M. F. Maury وريدفيك Redfield فى أمريكا بتفسير حدوث العواصف المدارية وآثارها على الساحل الأمريكى وجزر الأنتيل . وقد أكمل هذه الدراسات وطورها اسبى Espy مدير أرصاد بنسلفانيا والذى أنشأ مصلحة الأرصاد الجوية بالولايات المتحدة ، وساعده لوميز Loomis الذى وجه اهتمامه لخرائط الطقس . وفى عام ١٨٤٥ تمكن بيرجهاوس Berghaus من رسم أول خريطة لتوزيع الامطار السنوية فى العالم .

ومع بداية النصف الثانى من القرن التاسع عشر انشئت وتول مرة ، ادارة حكومية للأرصاد الجوية هى «مصلحة الأرصاد الجوية البريطانية» ، وكان ذلك فى عام ١٨٥٤ ، وقد أخذت على عاتقها جمع بيانات الرصد الجوى من الدول المجاورة ، وتسجيلها على خرائط طقس يومية . لكن نشر خرائط الطقس اليومية لم يبدأ فى بريطانيا الا فى عام ١٨٧٢ . وساعد على ذلك اختراع الاتصال البرقى السلكى فى عام ١٨٤٠ م ، الذى سهل نقل رسائل الأرصاد بين مختلف محطات الرصد .

ومن بين من ساهموا في تقدم علم المناخ في تلك الحقبة الأميرال البريطاني فيتز - روي Fitz-Roy الذي اهتم بأمور التنبؤ الجوى ، وكان لأبحاثه أثرها في عقد أول مؤتمر متيورولوجى عالمى في مدينة فيينا عام ١٨٧٣ . وفي فرنسا كان للمتيورولوجى لى فيريير Le Verrier الفضل في نشر أول خريطة يومية للطقس في فرنسا ، وكان ذلك في عام ١٨٦٣ . كما اهتم بالوت Buys Ballot في هولندا بإنشاء عدد من المراصد ، ورسم خرائط طقس يومية ، التى من خلال دراستها تمكن من استنتاج قاعدته المشهورة والخاصة بحركة الرياح بين خطوط الضغط المتساوى ، والتى أعلنها في عام ١٨٥٧ ، ومؤداها أن الرياح تتحرك بين خطوط الضغط المتساوى بحيث يكون الضغط المرتفع على يمينها وهى متجهة الى الجهة التى تهب اليها وذلك في نصف الكرة الشمالى ، وإلى يسارها في النصف الجنوبى .

وحوالى نفس التاريخ السابق (حوالى عام ١٨٥٨) تمكن فيريل Ferrel في أمريكا من صياغة قانونه المشهور والخاص بانحراف الرياح في نصفى الكرة ، على أساس قوة دوران الأرض. التى اكتشفها من قبله كوريولى وعرفت باسمه Corioli's Force ومؤدى قانون فيريل «أن الرياح تنحرف الى يمين اتجاهها الاصلى في نصف الكرة الشمالى ، وإلى يساره في النصف الجنوبى» . وذلك بسبب اختلاف سرعة دوران الأرض من دائرة عرض الى أخرى .

ولقد كان انشاء الهيئة الدولية للأرصاد الجوية في هولندا في عام ١٨٧٨ من بين الانجازات المهمة في تطور علم المناخ ، وهى ماتزال باقية باسم «الهيئة العالمية للأرصاد الجوية» وهى احدى الوكالات التابعة لهيئة الأمم المتحدة . ويعتبر كتاب عالم المناخ الالمانى هان Hann أقدم موسوعة مناخية حظيت بشهرة واسعة ، وعنوانه «المرجع في علم المناخ» Handbuch der Klimatologie وقد أعيد طبعه ونشره عدة مرات . ويقع في ثلاثة أجزاء ، يعالج الأول منها المناخ العام ، بينما يدرس الجزءان الآخران موضوعات في المناخ الاقليمى ، وبقي مرجعا للدارسين عشرات السنين . وقد قام كل من بارثولوميو Bartholomew وهيربرتسون Herbertson بنشر خرائط الكتاب بعد تنقيحها في أطلس عرف باسم «أطلس المتيورولوجيا» في عام ١٨٨٩ .

تطور علم المناخ خلال القرن العشرين :

شهد القرن العشرين تطورا هائلا وتقدما عظيما في علمى المناخ

والميتيورولوجيا وقفنا على بعض مظاهره عند الكلام على مجالات الدراسة فيهما . ويدل على اهتمام الدول بهما ازدياد أعداد محطات الرصد في أنحاء العالم ، فعلى سبيل المثال كان بالولايات المتحدة ٤٠٠ محطة في عام ١٨٥٧ ، وصلت الى ٣٠٠٠ محطة سنة ١٨٩١ ، والى ٤٥٠٠ محطة سنة ١٩٣٠ ، والى ١٠٠٠٠ محطة سنة ١٩٤٠ ، ويزيد العدد حاليا على ١٥٠٠٠ محطة .

ولم يكن بمصر حتى عام ١٩٠٠ سوى مرصدين ، أحدهما في العباسية وقد أنشئ في عام ١٨٦٨ ، والثاني في الاسكندرية . وفي عام ١٩١٥ أنشأت الحكومة ما كان يسمى «ادارة الظواهر الجوية» تحت اشراف مصلحة الطبيعيات . وفي عام ١٩٣٤ أنشأت هيئة الطيران في مصر قسما للأرصاد الجوية لخدمة الطيران الدولي . وكانت مصر في مقدمة الدول التي اشتركت في «منظمة الأرصاد الجوية العالمية» (W. M. O.) التي أنشئت عام ١٩٥١ ، ومركزها الرئيسى في جنيف . وتشرف مصر على عمليات الرصد الجوى لإقليم الشرق الأوسط وقارة افريقيا .

وقد كان للحربين العالميتين الأولى (١٩١٤ - ١٩١٨) والثانية (١٩٣٩ - ١٩٤٥) فضل كبير في التقدم السريع الذى أحرزته الأرصاد الجوية، ومايتصل بها من دراسات الطقس والمناخ، فقد نشطت الأبحاث الخاصة بظواهر الجو، والتنبؤ بها ، نشاطا كبيرا ، نظرا للصلة الوثيقة التى تربطها بأعمال الطيران والملاحة البحرية . وتظهر آثار هذا التقدم فى ازدياد اهتمام الدول بإنشاء محطات الرصد ، وتزويدها بالأجهزة المتطورة الحديثة .

وقد ساعد على التطور فى مجال دراسة الغلاف الجوى استخدام الأقمار الصناعية والمراكب الفضائية فى مجال الرصد الجوى . وقد أطلق أول قمر صناعى لخدمة الأرصاد الجوية عام ١٩٦٠ ، واسمه تايروس Tiros وكان هذا بمثابة خطوة كبيرة فى مجال التعرف على أحوال الجو وتقلباته وارسالها الى محطات الرصد . وتستطيع أقمار الرصد الجوى بما تحمله من آلات تصوير ، بعضها يصور نهارا ، وبعضها الآخر يصور ليلا ، أن تلتقط صوراً ملونة واضحة جداً لمساحات تصل الى عدة آلاف من الكيلومترات المربعة ، وتتمكن الأقمار من قياس درجات الحرارة والضغط الجوى وسرعة الرياح واتجاهاتها وكميات الأمطار والاشعاع الشمسى والتبخر ورطوبة الجو خلال كل الغلاف الجوى من أعلى مستوياته وحتى سطح الأرض .

وفى عام ١٩٧٥ أطلق قمر صناعى متيورولوجى جديد يسمى نيومبوس ٦ (Nimbus - 6) يحمل أجهزة أكثر تطورا ودقة لقياس مختلف عناصر وظواهر



الغلاف الجوى . وتتم عمليات التنبؤ الجوى فى كل الدول المتقدمة بواسطة الحاسب الالىكترونى مباشرة . وقد مكن استخدام الحاسب الالىكترونى من تطبيق العديد من النماذج المناخية المعقدة ، فكثرت لذلك استخدام النماذج الرياضية لدراسة الدورة الهوائية العامة .

وقد صلب هذا التقدم التكنولوجى تقدم كبير أيضا فى الجوانب العلمية . وقد ساهم فى هذا المجال عالم الارصاد النرويجى بيركينيس V. Bjerkness الذى قام بدراسة الكتل الهوائية ونماذج الطقس ، وذلك فى فترة الحرب العالمية الأولى فيما بين عامى ١٩١٤ - ١٩١٨ . وقد وفق هذا الباحث فى اكتشاف الجبهات الدافئة Warm Fronts سنة ١٩١٨ ، ثم الجبهات القطبية Polar Fronts فى السنة التالية ، وإبراز أهمية هذه الجبهات فى نشأة المنخفضات الجوية وتطورها فى المناطق المعتدلة ، كما تمكن من اكتشاف مرحلة الامتلاء Occlusion فى المنخفضات الجوية .

وقد قام ببحث المناخ بوضع أسس فى صورة معادلات رياضية لتحديد القيمة الفعلية لعناصر الجو كالحرارة والمطر ، نذكر من أعلامهم الألمانى كوبين Koeppen (١٩١٨) والفرنسى دى مارتون De Martonne (١٩٢٥) ، ولكل منهما تصنيف مناخى مشهور به . وقد طور كوبين تصنيفه ضمن موسوعة مناخية أسماها «المرجع فى علم المناخ» Handbuch der Klimatologie وتقع فى خمسة أجزاء نشرت فيما بين عامى ١٩٣٠ - ١٩٤٠ ، وتمتاز هذه الموسوعة بأنها تركز على الأساليب الكمية ، وتعتمد على الجداول الاحصائية والأشكال البيانية . وظهر بين عامى ١٩٣١ - ١٩٣٣ تصنيف جديد لعالم المناخ الأمريكى ثورنثوايت Thornthwaite يعتمد على حساب التبخر والنتح فى تقدير فاعلية الأمطار ، وقد تم تطويره ونشره بشكل معدل عام ١٩٤٨ ، وتوالت التقسيمات المناخية المبنية على أسس متباينة على نحو ما سنعرض له فى فصل مستقل خاص بها .

### أوضاع البحث المناخى فى الجغرافيا :

كانت الأبحاث الجغرافية فى المناخ تعالج فى معظمها وحتى أواخر الخمسينيات من هذا القرن العشرين موضوعات مناخية بحتة ، يعوزها الربط بالإنسان وجوانب نشاطه المختلفة . ومع استخدام الأساليب الكمية والنظم فى الجغرافيا وبناء النماذج الجغرافية ، ظهر عدد طيب من الأبحاث الجغرافية فى المناخ تمثل اتجاهات حديثة فى دراسة المناخ .

وقد ميز تيرجونج W.H. Terjung سنة ١٩٧٦ عدة اتجاهات فى مجال

أبحاث المناخ ، والتي ظهرت في المجلات الجغرافية التي تصدر في دول العالم العربي منذ عام ١٩٥٤ نوجزها في الآتي :

### ١ - الأبحاث الوصفية :

تشكل جانبا كبيرا من الأبحاث المناخية الجغرافية يصل الى نحو ٣٨% . وتعتمد على جمع البيانات المناخية وتنظيمها وتبويبها وتوزيعها على الخرائط وتمثيلها في أشكال بيانية . وعن طريق هذه الأبحاث يمكن الوصول الى نتائج ومعلومات مفيدة ، لكنها لا تؤدي الى بناء مفاهيم جديدة لأنها عاجزة عن تحليل العلاقة بين المسببات والنتائج .

### ٢ - الأبحاث الكمية :

وتبحث في ظواهر الجو كدرجة الحرارة والرطوبة والضغط الجوي والرياح وسرعتها كمتغيرات لها آثار على العمليات التي تحدث في الجو . وأسلوبها للوصول الى ذلك هو التحليل الاحصائي للارتباط بين تلك المتغيرات فتستخدم تحليل التباين Analysis of Variance والارتباط المتشعب Multiple Correlation ، والانحدار المستوي ، والانحدار غير المستوي ، والتحليل الطبقي .

وقد استخدمت هذه الأساليب الكمية في أبحاث الموازنة المائية والتوازن الحراري ومناخ المدن وتلوث الهواء والعلاقة بين المناخ وراحة الانسان والتقسيمات المناخية . وتستخدم في تلك الأبحاث طرق بحث استقرائية واستنتاجية . وتشكل هذه الأبحاث نحو ٣٠% من الأبحاث المناخية الجغرافية .

### ٣ - الأبحاث الخاصة بالعمليات المناخية :

وتتناول هذه الأبحاث موضوعات الموازنة الاشعاعية ، وموازنة الطاقة ، والغطاءات الجليدية في المناطق القطبية ، والعلاقة بين الانسان ونظم تبادل الطاقة ، وموازنة الطاقة في المدن ، والتبخر والنتح . وتستخدم هذه الأبحاث عدة أساليب وصفية وكمية وطرق بحث استقرائية واستنتاجية وتحليلية ، وتمثل هذه الأبحاث نحو ٢٠% من أبحاث الجغرافيا المناخية .

### ٤ - أبحاث تركز على دراسة النظم :

سواء منها النظم الطبيعية أو النظم الطبيعية والبشرية . ونظرا لأن هذا النوع من الأبحاث يحتاج الى استخدام نماذج رياضية معقدة ، فانها

قليلة في الأبحاث المناخية الجغرافية ، رغم أنها مهمة للإنسان ، لأنها تربط بين النظم الطبيعية والمتغيرات الاجتماعية والاقتصادية .

### النظم في المناخ :

صاحب استخدام الأسلوب الكمي في الجغرافيا التفكير في ادخال طريقة النظم في الجغرافيا الطبيعية خاصة في الجيومورفولوجيا والجغرافيا المناخية . وفكرة النظام System في الأصل فكرة في علم الفيزياء لها بعض التطبيقات الفيزيائية والهندسية . وقد قدم استرالر A. Strabler هذه الفكرة للجيومورفولوجيين ضمن ما سعى اليه من استخدام الوسائل الكمية في الدراسة الجيومورفولوجية . وأكد تلميذه ريتشارد تشورلى R. Chorley على أهمية استخدام النظم في دراسة الجيومورفولوجيا والمناخ في كتابه المنشور عام ١٩٧١ .

والنظام هو مجموعة من العناصر التي ترتبط ببعضها بعلاقات متبادلة بحيث تكون كلا متميزا . بعبارة أخرى أن النظام مجموعة من العناصر التي ينظر اليها مجتمعة من خلال دراسة علاقة كل منها بالآخر بوسائل رياضية . وكل نظام يرتبط بغيره من النظم بعلاقات معلومة .

والغلاف الجوى هو نظام ضخم يتكون من آلاف النظم الصغيرة التي تتمثل في العمليات والاضطرابات الجوية . ويمكن تجميعها وتصنيفها في مجموعتين هما :

#### ١ - مجموعة النظم المفتوحة Open Systems :

وهي النظم التي لها إيراد أو دخل Input ومنصرف Output أى تسمح بتبادل المادة والطاقة مع النظم الأخرى . وفي النظم المفتوحة تتجدد المادة والطاقة بصفة مستمرة . ومثال لنظم الجو المفتوحة دورة بخار الماء في الجو ذلك أن تبخر المياه من المسطحات المائية معناه انتقال للمادة والطاقة كليهما من سطح الأرض الى الغلاف الجوى . وعندما يتكاثف بخار الماء في الجو ويتحول الى قطرات من المطر ، فإن سقوطها يمثل انتقالا للمادة والطاقة أيضا من الجو الى سطح الأرض . ومن المعروف أن كل جرام من الماء يحتاج لكي يتبخر نحو ٥٧٣ سعرا حراريا ، وهذه تعرف بالحرارة الكامنة للتبخر ، والسعر هو كمية الطاقة اللازمة لرفع حرارة الجرام الواحد من المياه درجة مئوية واحدة .



## ٢ - مجموعة النظم المغلقة Closed Systems :

وهى النظم التى تسمح بتبادل الطاقة مع النظم الأخرى ، لكنها لاتسمح بدخول أو خروج المادة عبر حدودها . فحدود النظم المغلقة واضحة ولاتخرج المواد عن الحدود كما أنها لاتدخل عبرها . فالغلاف الجوى مع الشمس يشكلان نظاما مغلقا تخل اليه وتخرج منه كميات ضخمة من الطاقة .

### النماذج فى المناخ :

النماذج مظهر مهم من مظاهر التطور الحديث فى علم المناخ . وقد ظهر وتقدم هذا التطور الحديث كما رأينا نتيجة لإنشاء الكثير من محطات الرصد الجوى فى جهات العالم المختلفة ، وتراكم البيانات والمعلومات المناخية التى أصبحت دقيقة للغاية تبعا لاستخدام أحدث الأساليب والأجهزة فى عمليات الرصد ومنها حديثا استخدام الأقمار الصناعية . وقد حدث تطور كبير أيضا فى مجال أساليب البحث ، فأصبحت تدرس ظواهر الجو بحسبانها نظاما جوية مترابطة تمثل مكونات النظام الضخم الذى يضمها جميعا وهو الغلاف الجوى .

وكما استخدمت النظم فى دراسة الغلاف الجوى وظواهره ، فإن استعمال النماذج قد أخذ فى الازدياد ، لأنه قد تبين أن خير وسيلة لفهم النظم هو إنشاء نماذج لها . ويدخل إنشاء النماذج ودراستها ضمن الأساليب الكمية التى شاع استخدامها فى النصف الثانى من هذا القرن العشرين . والنموذج وسيلة لتمثيل الواقع بصورة مبسطة ، أو هو صورة مثالية للتعبير عن بعض الظواهر الحقيقية . ولكى نمثل واقع الظواهر لابد من المرور بخطوات البحث العلمى من تحديد للمشكلة ، ثم الملاحظة فالتجربة ، ووضع الفرضيات ثم البرهان ، فالنموذج خطوة سابقة للنظرية . والنماذج تمثل صياغة سهلة للظواهر ، وتسهل رصدها وضبطها ، كما تعين على سرعة الاستنتاج ، فهى وسيلة تفسيرية تساعد على الوصول الى النتائج الصحيحة . ولا يعنى النموذج بتمثيل خصائص الظاهرة وإنما يمثل الخصائص الرئيسية التى تحددها وتعاون على تبسيطها .

### انواع النماذج :

يمكن اجمال النماذج المستخدمة فى الجغرافيا بعامة والجغرافيا الطبيعية ومنها المناخ بخاصة فى الأنواع الأربعة الآتية : النماذج الرياضية ، النماذج الطبيعية ، النماذج التجريبية ، النماذج البيانية .

## النماذج الرياضية :

هى نماذج يعبر عنها فى صورة رياضية ، فتصاغ العلاقات بين العناصر بمعادلات رياضية . وتستخدم النماذج الرياضية فى المعالجة الاحصائية او التى تتعلق بقياس المتغيرات وتحليلها . وتنقسم هذه النماذج الى نمطين :

### ١ - نماذج التحليل الرقوى او النماذج الحتمية :

وتقوم على مبدأ السبب والنتيجة . وتستعمل الأسس النظرية لديناميكية السوائل أو ما يعرف بمعادلة الاستمرار ، فتمثل التغيرات المتبادلة التى تحدث لظواهر المناخ مثل درجة الحرارة والضغط والتنبؤ بالتساقط ، ودراسة المنخفضات الجوية ، والزوابع المدارية ، والتيارات النفاثة . كما تستخدم لتمثيل بعض الظواهر الجوية المحلية والقصيرة المدى مثل الضباب ونسيم البر ونسيم البحر ، ونسيم الجبل ، ونسيم الوادى ، ونسبة غطاء السحب ، ولتمثيل بعض عمليات المناخ مثل تبادل الطاقة بين سطح الأرض والطبقة السفلى من الجو ، وعمليات الحمل .

### ٢ - النماذج الاحصائية او الاحتمالية :

وهى نماذج تقوم على مبدأ الاحتمال بدلا من مبدأ الحتم أو اليقين الذى تبنى عليه النماذج الرياضية . وهى كثيرة الاستعمال فى المناخ وفى الجغرافيا البشرية أيضا ، لأن الظواهر كثيرا ما تخضع للاحتمال ، مثل هذه النماذج لا تعطى نتائج محددة ، بل تقدم عددا من النتائج المحتملة .

ويستخدم نموذج التوزيع العادى فى تمثيل الكثير من ظواهر الجو التى لا تختلف فى توزيعها التكرارى عن التوزيع العادى كثيرا ، مثل المعدلات السنوية لدرجات الحرارة والتساقط .

وعندما يراد معرفة احتمالات حدوث ظاهرة جوية معينة ، مثل احتمال حدوث الصقيع أو الضباب أو سقوط البرد ، يستخدم نموذج التوزيع التكرارى ذو الحدين .

## النماذج الطبيعية :

تمثل النماذج الطبيعية Natural Models ظواهر طبيعية يعرفها الباحث تكون مشابهة للظواهر الواقعية . وتنقسم هذه النماذج الى نوعين هما :

### ١ - نماذج التطاير الطبيعية :

وتمثل الظواهر بنماذج مبسطة ذات طبيعة مختلفة . ويندر استعمالها

في المناخ ، وان كانت تستعمل كثيرا في مجالات اخرى مثل جغرافية النقل ،  
فنموذج شبكة التصريف النهري تستخدم لدراسة شبكات النقل والمواصلات .

## ٢ - النماذج التاريخية :

يمثل النموذج التاريخي ظاهرة معينة حدثت في وقت مضى في مكان  
معلوم . وتنبئ هذه النماذج على افتراض أن ما حدث في الماضي يمكن أن  
يحدث في المستقبل . وتستخدم هذه النماذج لدى بحاث المناخ في التنبؤ  
بأحوال الطقس ، وذلك بالرجوع الى سجلات الرصد الجوي السابق .

## النماذج التجريبية :

النماذج العملية عبارة عن انشاءات في المعمل يتوفر فيها اكبر قدر  
ممکن من العناصر المكونة للظاهرة موضوع الدراسة . وهي نماذج مقياسية  
Scale Models أي تخضع أبعاد الظاهرة للتصغير كي يمكن انشاء النموذج  
الملائم لحجم المعمل .

وقد تعددت النماذج المناخية لتمثيل الغلاف الجوي وظواهره المختلفة .  
من ذلك تمثيل الدورة العامة للغلاف الجوي والارض الدوارة عن طريق  
دراسة المياه في أحواض دوارة ، وقد حلت مشكلة الاختلاف الكبير في الحجم  
بين الارض والحوض الدوار باستخدام التمثيل النسبي للارض والغلاف  
الجوي ، واستخدمت لذلك نسب مختلفة تمثل المبادئ الأساسية في حركة  
الغلاف الجوي ودوران الارض حول نفسها .

واستخدمت النماذج العملية في دراسة ظواهر جوية متعددة ، وأثبتت  
نجاحها ، مثل نموذج الجبهة القطبية ، ونموذج التيار النفاث ، ونموذج  
تبادل الطاقة بين الغلاف الجوي وسطح الارض ، ونماذج لتوقع سقوط المطر  
وتكون الضباب والصقيع . كما أنشئت نماذج لدراسة بعض العوامل المؤثرة  
في المناخ مثل اعتراض سلاسل الجبال لهبوب الرياح .

## النماذج البيانية :

تعد النماذج البيانية Graphical Models أبسط النماذج الجغرافية وأكثرها  
شيوعا ، وقد جرى استخدامها منذ زمن طويل . وهي تظهر في أشكال ورسوم  
بيانية ، وتغلب عليها الصفة الوصفية .

هذا ويمكن القول بأن استخدام النماذج المناخية قد عاون كثيرا على  
زيادة المعرفة بآلية كثير من ظواهر الجو النشطة مثل المنخفضات الجوية ،



والزوابع المدارية ، والرياح الموسمية ، والرياح المحلية واليومية ، والحركة الموجبة في مسارات الرياح العليا ، والتيارات النفاثة . وأهم النماذج التي كانت لها فوائدها الكبرى في التعرف على طبيعة ظواهر الجو وفهمها ، هي النماذج التي تعتمد على مبادئ الفيزياء والرياضة والاحصاء فضلا عن النماذج التجريبية العملية .

ومن أمثلة النماذج الناجحة في تمثيل ظواهر المناخ التطبيقي نموذج «شارني» Jule Charney الذي يوضح تأثير معامل انعكاس الأشعة الشمسية Albedo من الصحارى على عملية الزحف الصحراوي . وقد نجح الباحث من خلال دراسته للنموذج أن يتتبع أثر انكماش الغطاء النباتي في هوامش الصحراء على زيادة معامل انعكاس الأشعة ، وزيادة التيارات الهوائية الهابطة التي تزيد جفاف الهواء وتعاون على اتساع مساحة الصحراء .

ومثال لنموذج عام لتمثيل الدورة العامة للغلاف الجوي ، النموذج الذي أنشاه شو كلا Shukla وزملاؤه في المعمل الجيوفيزيائي للسوائل في برنستون بولاية نيوجيرسي ، وأمكن بواسطته اثبات أن تيار الصومال البارد يخفض حرارة مياه بحر العرب ، مما يقلل من رطوبة الرياح الموسمية ويضعفها نسبيا مما يؤثر على غزارة الأمطار الموسمية على الهند .



## الفصل الثاني

### الغلاف الجوي

- تعريفه .
- تركيبه : النيتروجين ، الأوكسجين ، ثاني أكسيد الكربون ،  
الاوزون ، بخار الماء ، الغبار والأملاح والدخان .
- الطبقات الرئيسية للغلاف الجوي : التروبوسفير وخصائصها ،  
الاستراتوسفير ومميزاتها ، الميزوسفير ، الايونوسفير  
(الاثير) أو الثرموسفير .
- نشأة الغلاف الجوي .
- وظائف الغلاف الجوي .
- عوامل تلوث الغلاف الجوي : زيادة نسبة ثاني أكسيد الكربون ،  
الزيادة في نسبة المواد العالقة ، تلوث طبقة الاوزون وأثره  
على المناخ ، الانقلاب الحراري وعلاقته بتلوث الجو .





## تعريفه وخصائصه الطبيعية :

الغلاف الجوى Atmosphere هو غطاء الهواء السميك الذى يحيط بالكرة الأرضية احاطة تامة ، والذى يتألف من مخلوط غازى يبلغ سمكه نحو ٣٥٠ كيلو مترا ، بداية من منسوب سطح البحر . وليس للهواء لون ولا طعم ولا رائحة . ويشعر الانسان به حين يتحرك ، والهواء المتحرك يسمى رباحا . والهواء مرن ، وقابل للتمدد والانكماش أو الانضغاط ، وله وزن وحجم وكتلة . وتقدر كتلة الغلاف الغازى بحوالى  $6 \times 10^{18}$  طنا ، يوجد نصفها محتشدا فى سمك يبلغ نحو ٦ كيلو متر من سطح البحر . والغلاف الجوى شفاف ، ويخترقه الاشعاع الشمسى الذى يصل سطح الأرض ، فيكسبه الخصوبة ويمنحه الحياة .

وتهتم الجغرافيا بدراسة الغلاف الجوى بعامة، وطبقته السفلى بخاصة، تلك الطبقة التى تلمس سطح الأرض ، وتؤلف من كتلة الغلاف الغازى نحو تسعة أعشاره ( ٩٠% من كتلته ) ، كما وتتركز فى هذه الطبقة التى تسمى تريوسفير Troposphere ، نحو ٩٩% من الغازات الثقيلة التى يتركب منها الغلاف الجوى ، وهى الغازات اللازمة للحياة على سطح الأرض ، وأخصها الأوكسجين والنيتروجين . وفيها تتكون المنخفضات الجوية فى الجهات المعتدلة والأعاصير المدارية وتتحرك الكتل الهوائية ، وكلها ذات تأثير مباشر فى حياة الكائنات على سطح الأرض ، اضافة الى تحرك الرياح وحدوث المطر وتكون الثلج والبرق والرعد ، وغير ذلك من ظاهرات الجو .

وينظم الغلاف الجوى نفاذ الاشعاع الشمسى الى سطح الأرض ، كما ينظم فقدان الأرض لحرارتها بالاشعاع الأرضى من خلاله الى أجواز الفضاء ، وتبعاً لذلك تبقى درجات الحرارة مناسبة لحياة مخلوقات الله على سطح الأرض . ولولا وجود الغلاف الغازى لانعدمت الحياة على سطح الأرض ، كما هى الحال فوق الكواكب الأخرى من صنف الأرض ، التى تفتقر الى جو مثار جوها ، ومن ثم ترتفع حرارتها الى ما فوق درجة غليان الماء نهارا ، وتهبط الى ما دهن درجة التجمد بكثير اثناء الليل . وفضلا عن ذلك فإن الغلاف الجوى يحمى الأرض من تسقط كتل الشهب والنيازك التى تجذبها اليها من فضاء المجموعة الشمسية ، وذلك لأنها حين تخترقه بسرعة تحترق وتفتت وتصل الى سطح الأرض فى هيئة رماد غير غائر .

وقد فتح التقدم العلمى العظيم الذى حدث فى العقود الأخيرة آفاقا جديدة لدراسة وكشف خبايا التروبوسفير من جهة ، والتعرف على خصائص ما فوقه من طبقات أخرى يتألف منها الغلاف الجوى من جهة أخرى .  
وتبين بالدليل القاطع أن اضطرابات الجو التى تحدث فى التروبوسفير تتأثر بالحركة والاضطراب الذى يحدث فى طبقات الجو العليا .

والجو النقى الجاف مخلوط من الغازات وليس مركبا كيميائيا ، ويمكن فصل هذه الغازات عن بعضها . وتتناقص كثافته بالارتفاع بسبب سهولة انضغاطه . فكثافة الهواء عند منسوب البحر ١.٢ كيلو جرام/م<sup>٣</sup> ، وتتناقص الى نحو ٠.٧ كج/م<sup>٣</sup> عند ارتفاع ٥٠٠٠ متر، وهو أعلى مستوى يمكن للانسان المعيشة عنده .

وهناك عدة قوانين تحكم العلاقات الرئيسية بين المتغيرات الأربعة فى الغلاف الجوى وهى : ١ - درجة الحرارة . ٢ - الضغط الجوى . ٣ - الكثافة . ٤ - الحجم . يمكن اجمالها فيما يلى :

أولا : قانونان لبويل R. Boyle :

الأول : يوضح الصلة بين الضغط والحجم مع ثبات درجة الحرارة ومؤداه : إذا زاد ضغط الهواء قل حجمه ، والعكس صحيح ، فإذا تناقص ضغطه ازداد حجمه .

والثانى : يوضح العلاقة بين الحجم والكثافة مع ثبات درجة الحرارة أيضا . ومؤداه : كلما ازداد الحجم قلت الكثافة والعكس صحيح .

ثانيا : قانونا تشارلز J. Charles :

الأول : يبين الصلة بين حجم الهواء ودرجة حرارته مع ثبات الضغط الجوى ومؤداه : كلما ارتفعت درجة الحرارة ازداد حجم الهواء والعكس صحيح .

والثانى : يربط بين ضغط الهواء ودرجة حرارته مع ثبات حجم الهواء ومؤداه : كلما ازداد ضغط الهواء ازدادت درجة حرارته . والعكس صحيح .

ثالثا : قانون الغازات Gas Law :

وهو يوضح الصلة بين درجة حرارة الجو وحجمه وضغطه فى معادلة واحدة هى :  $ض \times ح = ر \times ت$



ض : الضغط ، ح : الحجم ، ت : الحرارة ، ر : ثابت يختلف من غاز لغاز آخر من المكون الغازى لمخلوط الجو .

### تركيب الغلاف الجوى

الغازات التى يتألف منها الغلاف الغازى :

يتألف الغلاف الجوى من أربعة غازات رئيسية هى بحسب أهميتها النسبية فيه كما يلى : النيتروجين ، الأوكسجين ، الأرجون ، ثانى أكسيد الكربون ، وتكون مجتمعة نحو ٩٩.٩٨% من حجم الغلاف الجوى . ويؤلف النيتروجين وحده نحو ٨٧% من حجم الهواء ، والأوكسجين حوالى ٢١% . وتدخل الغازات الأربعة الأنفة الذكر فى تكوين الغلاف الجوى بنسب ثابتة ، ومن الغازات الأخرى التى تشبهها فى ثبات نسبها بالجو النيون Neon (٠.١٨%) والهيليوم (٠.٠٠٥%) والأوزون (٠.٠٠٠٠٦%) .

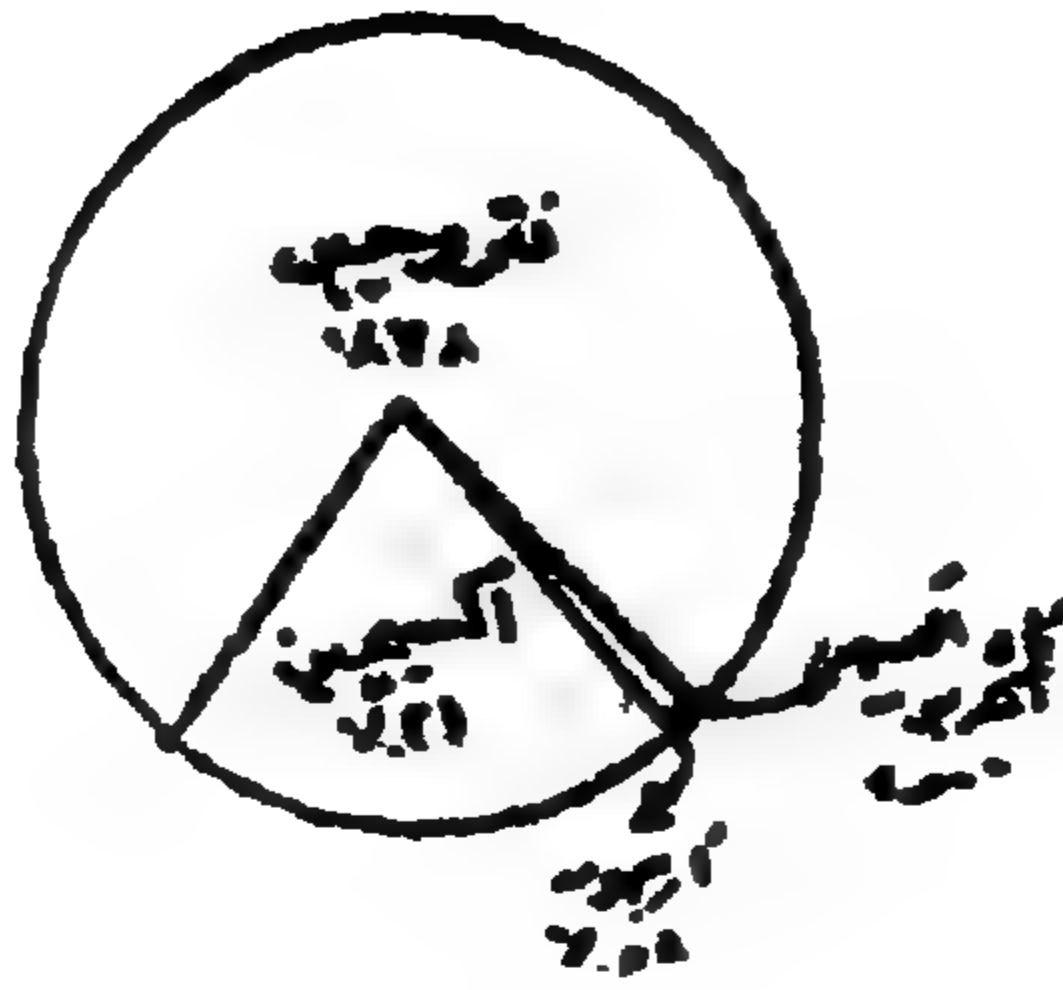
ويبين الجدول الآتى أهم الغازات التى يتألف منها الغلاف الجوى ، ونسبها المئوية بحسب الحجم Volume ، والوزن أو الثقل Weight ، والوزن الذرى .

الغاز	النسبة المئوية بحسب الحجم	النسبة المئوية بحسب الوزن	الوزن الذرى
النيتروجين	٧٨.٨٠	٧٥.٥٢٧	٢٨.٠٢
الأوكسجين	٢٠.٩٤	٢٣.١٤٣	٣٢.٠٠
الأرجون	٠.٩٣	١.٢٨٢	٣٩.٨٨
ثانى أكسيد الكربون	٠.٠٣	٠.٠٤٥	٤٤.٠٠
النيون	٠.٠١٨		٢٠.١٨
الهيليوم	٠.٠٠٠٥		٠.٠٤٠
الأوزون	٠.٠٠٠٠٦		٤٨.٠٠
الهيدروجين	٠.٠٠٠٠٥		٢.٠٣
كريبتون	قليل جدا		
ميثان	قليل للغاية		

وفيما يلى وصف لأهم غازات الغلاف الجوى :

### النيتروجين :

هو أكثر الغازات انتشارا فى الغلاف الجوى ، غير أنه غاز خامل ، فلا



شكل رقم (١) العناصر التي يتكون منها الهواء

يتحد مع غيره من الغازات بسرعة • وهو يدخل في تكوين كثير من المركبات العضوية ، وهو يستطيع اذابة الاوكسجين ، وتبعاً لذلك ينظم عمليات الاحتراق والأكسدة • واليه يرجع الفضل الكبير في ضغط الهواء وقوة التيارات الهوائية وانكسار الاشعاع الشمسي عند اختراقه للغلاف الجوي ، ويساعد على تحطيم الشهب والنيازك قبل وصولها الى سطح الارض •

#### الأكسجين :

غاز واسع الشيع في الغلاف الجوي ، وهو على عكس النيتروجين غاز نشيط ، يتفاعل ويتحد بسرعة مع كثير من العناصر الكيميائية ، وهو لازم لحدوث عمليات الاحتراق ، وتتوقف على وجوده الحياة على سطح الارض •

#### ثاني اكسيد الكربون :

وينشأ عن الاحتراق والزفير من الانسان والحيوان ، وينبثق من البراكين ، وتمتصه النباتات لتأخذ منه الكربون وتطلق الاوكسجين الى الجو فيما يسمى بعملية التمثيل الكلوروفيللي • وتختلف نسبته لذلك من مكان لآخر ، فهي قليلة في الريف وحيث يكثر النبات ، بينما ترتفع في جو المدن ، نظراً لازدحامها بالسكان ووجود المصانع والمعامل التي تنفث هذا الغاز • ويساعد وجود هذا الغاز في الجو على حفظ الاشعة الحرارية التي يشعها سطح الارض بعد أن يمتصها من الاشعاع الشمسي ، وبالتالي تبقى طبقة التروبوسفير محتفظة بحرارة مناسبة • وهناك من يرى أن النقص الكبير في نسبة ثاني اكسيد الكربون يؤدي الى تبريد الجو العالمي ، ويتسبب في احداث عصر جليدي ، كما حدث وتكرر عدة مرات اثناء الزمن الرابع •

وعلى الرغم من أن غاز ثانى أكسيد الكربون يحسب من بين الغازات التى توجد فى تركيب الغلاف الجوى بنسب ثابتة ، فإنه قد لوحظ تغير نسبته ، وجنوحها الى الارتفاع ، فقد ازدادت بما يقرب من ١٠٪ منذ بداية الثورة الصناعية فى أوروبا ، وتوليد الطاقة اللازمة عن طريق حرق مختلف أنواع الفحم ، منذ أواخر القرن التاسع عشر وحتى وقتنا الحاضر .

ومن بين الغازات الضارة التى أدخلها الانسان بنشاطه فى بيئته ، ولوث بها طبقة الجو القريبة منه والمؤثرة فى حياته ، غاز أول أكسيد الكربون ، وهو غاز سام ، اضافة الى بعض المواد الكربوهيدراتية التى تنتج من احتراق وقود السيارات احتراقاً غير كامل . وقد امتد تلويث الانسان الى الطبقات العليا من الجو ، ومنها طبقة الأوزون ، التى تحتفظ الآن بكميات كبيرة من الغازات التى تنفثها محركات الطائرات النفاثة التى تطير خلالها ، كما استقرت فى تلك الطبقات الاشعاعات الذرية الناشئة عن التفجيرات النووية التى أجراها الانسان منذ تفجير قنبلة هيروشيما فى عام ١٩٤٥ وحتى وقتنا الحالى .

### الأوزون :

لا يوجد هذا الغاز الا بنسب قليلة للغاية فى الطبقة السفلى من الغلاف الجوى (التروبوسفير) لا تزيد على جزء فى المليون ، لكنه يوجد بكثرة على ارتفاع يتراوح بين ١٥ - ٥٥ كم ، فيما يسمى بطبقة الأوزونوسفير ، وينتج هنا من انشطار ذرات الأوكسجين بفعل الاشعاع الشمسى فوق البنفسجى ، واتحاد بعض ذرات الأوكسجين مع ذرات أخرى . وتبلغ نسبة تركيز هذا الغاز أقصى حد لها على ارتفاع ٣٥ كم . وللأوزونوسفير فائدة كبرى للحياة على سطح الأرض ، ذلك أن غاز الأوزون يتميز بالقدرة على امتصاص معظم الأشعة فوق البنفسجية التى تصله ، خاصة منها ما يقل طول موجاته عن ٢٩٠ ميكرون ، وهى تمثل نحو ٥٪ من الاشعاع الشمسى ، فلا ينفذ من هذه الطبقة ويصل الى الأرض سوى جزء ضئيل . وبالتالي تضعف آثارها السيئة ، مثل ضربات الشمس ، على الانسان والحيوان ، بل أن هذا الجزء قد يفيد فى اباداة بعض الجراثيم . ويساعد امتصاص غاز الأوزون لهذه الأشعة على رفع درجة حرارة الأوزونوسفير .

### بخار الماء :

هو من بين الغازات التى تدخل فى تركيب الغلاف الجوى بنسب متغيرة وغير ثابتة ، فهى قد تقترب من الصفر فى المناطق الصحراوية الجافة ، وقد



ترتفع الى نحو ٤٪ من جملة وزن الهواء في المناطق الكثيرة الرطوبة .  
وينحصر وجود بخار الماء في الطبقة السفلى من الغلاف الجوى ، ويكاد  
ينعدم فوق ارتفاع ١٠ كم . ورغم صغر كمية بخار الماء في الجو ، فانها  
سبب نشأة معظم الظواهر الجوية ، فهي مصدر تكون السحب وسقوط المطر ،  
وتكون البرد والثلج والندى . ويشترك بخار الماء مع ثانى أكسيد الكربون  
والغبار في خاصية امتصاص الاشعاع الشمسى وحفظه من التشتت في الفضاء ،  
وبالتالى يوفر للحياة على سطح الأرض درجات حرارية مناسبة .

### الغبار والأملاح والدخان :

ويعلق في جو طبقة التروبوسفير مركبات تدخل في تكوينه بنسب متغيرة ،  
هى تلك الشوائب من الغبار والرمال والأتربة والدخان والأملاح . وتختلف  
نسبتها من مكان لآخر ، فتبلغ نسبتها في جو الريف النظيف ١٠٠ جزء في  
كل سنتيمتر مكعب ، بينما ترتفع الى عدة ملايين جزء في كل سنتيمتر مكعب  
من هواء المدن ، خاصة منها المدن الصناعية والمزدحمة بالسكان .

وللغبار في الجو المحيط بالأرض مصادر عدة ، أهمها المصادر الأرضية ،  
لهذا كان من الطبيعى أن يتركز في الطبقة السفلى من الغلاف الجوى ،  
وبعض هذه المصادر أرضى غير عضوى ، كالفئات الصخرى الذى تثيره وتذريه  
الرياح ، والغبار البركانى الذى تنفثه البراكين حين ثورانها ، ودخان  
الكربون المتصاعد من مداخن المصانع والذى يعرف بالغبار الصناعى ، ثم  
جزيئات الأملاح التى تقطير بالرش حين تصطدم الأمواج بالشواطىء ،  
ويسمى الغبار الملحى ، ثم هناك الغبار الكونى ، ومصدره الشهب والنيازك  
التي تحترق عند دخولها الغلاف الجوى منجذبة نحو سطح الأرض ،  
فتفتت وتتحول الى رماد ينتشر في الجو . ويقدر وزن الغبار الكونى الذى  
يدخل الغلاف الجوى نحو خمسة مليارات كيلو جرام كل عام . وهناك  
الغبار العضوى كالمواد الحيوانية والنباتية المفتتة والجراثيم وحبوب اللقاح  
النباتى .

وتبدو ذرات التراب عالقة في الجو ، وهى لا ترى بسبب دقتها ، ويعمل  
الغبار على امتصاص جانب من الاشعاع الشمسى ، حتى ليقال ان كثرتة عامل  
مساعدة على انخفاض درجات الحرارة العالية ، وحدوث تبريد يؤدي الى ان  
يتحول التساقط الى ثلج ، فيدخل العالم في فترة جليدية . ولقد يتم ذلك  
عقب عصر يسوده النشاط البركانى ، فيشيع الغبار البركانى ويملا الجو .

وتعمل ذرات الغبار التى توجد في الطبقة السفلى من الغلاف الجوى

على انعكاس الاشعاع الشمسى ، وانتشار الاشعة وتكوين الشفق ، والى انتشار الاشعة البنفسجية والزرقاء بسبب الغبار وبخار الماء ، ويعزى ظهور السماء بلونها الازرق القاتم أو الفاتح تبعا لطول أو قصر الاشعة الشمسية ، ولولا ذلك لظهرت السماء حالكة السواد ، لا يرى فيها سوى قرص الشمس اللامع المبهر ، مثلما نرى النجوم حين تتلأأ في سواد سماء الليالى المظلمة . ويتعاون الغبار مع بخار الماء فى ضغط الاشعاع الأرضى فى طبقة التروبوسفير . علاوة على أهميته فى حدوث التكاثف بمظاهره المختلفة .

ويضاف الى المواد العالقة التى تدخل فى تركيب الغلاف الجوى عوالق من نوع جديد ، بدأت ترد اليه منذ التفجير الذرى على مدينة هيروشيما اليابانية عام ١٩٤٥ ، ونعنى به الغبار الذرى الذى يتساقط فى مناطق التفجير ، أو فى مناطق أخرى حيث تسوقه الرياح ، ويتساقط مع المطر ، ويترتب على ذلك ترسب العناصر المشعة التى من أهمها السيسيوم Cesium والاسترونتيوم Strontium ، التى تستقر فى عظام الانسان والحيوان وتصيبها بأمراض الدم والسرطان وأمراض الجهاز العصبى التى يستعصى شفاؤها .

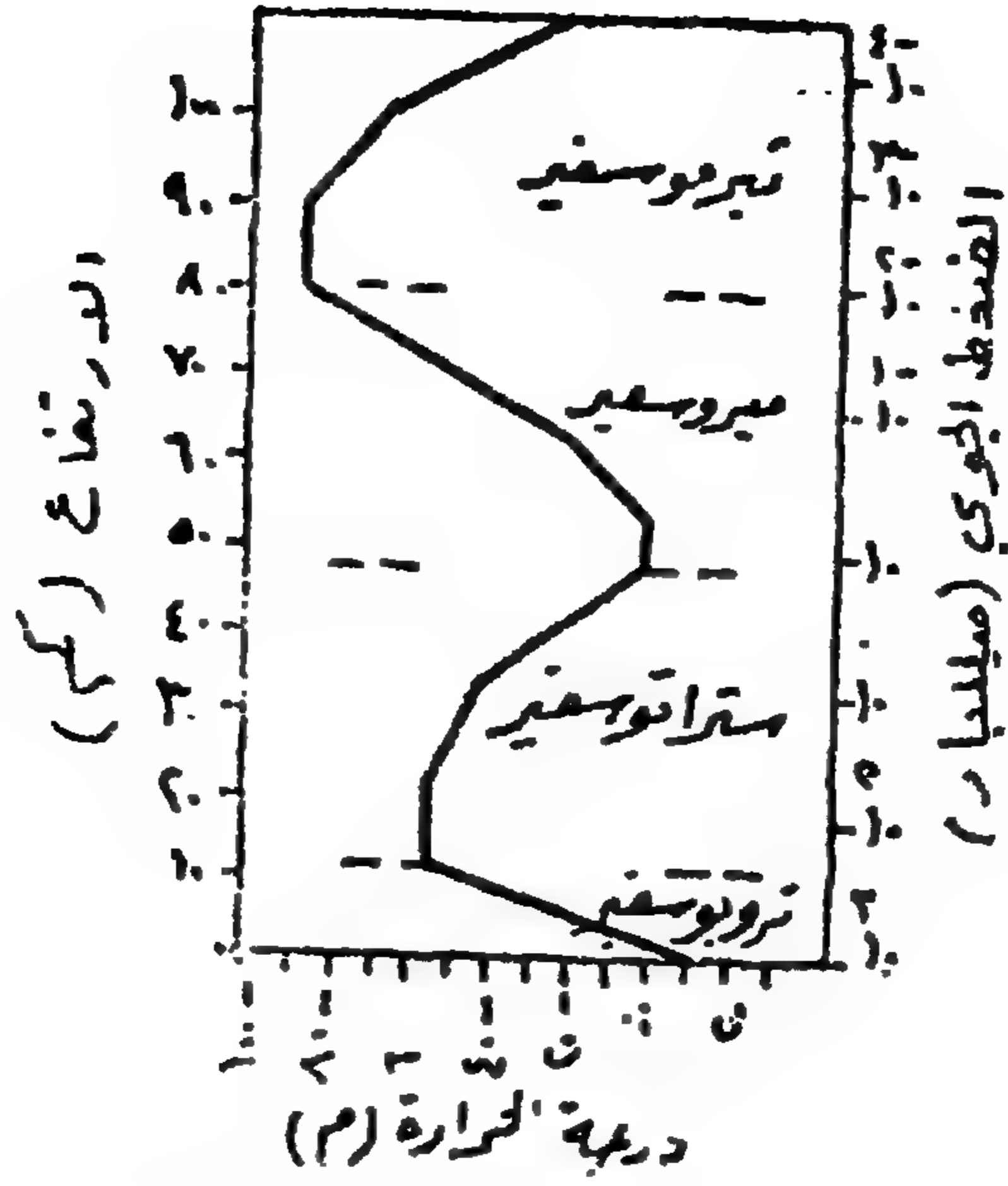
ولاشك أن لزيادة العوالق والشوائب من الغبار بأنواعه المختلفة أثارا بعيدة المدى على ظواهر المناخ كما أسلفنا ، لان كثرتها تؤدى الى تناقص كمية الاشعاع الشمسى الواصل الى الأرض بسبب امتصاصها لقسم منه وعكسها لقسم آخر ، فيزداد تبريد الجو العالمى . أضف الى ذلك أن كثرة العوالق تساعد على تكاثف بخار الماء لأنها تشكل نويات يتكاثف حولها بخار الماء ، وبذلك يزداد تكون السحب وتتهيا الفرص لزيادة التساقط على ثلج . ولعل ذلك يشير الى أن العالم مقبل على دور جليدى خامس .

#### الطبقات الرئيسية للغلاف الجوى :

تتباين خصائص الغلاف الجوى أفقيا من مكان لآخر ، كما تتنوع رأسيا بالارتفاع عن مستوى سطح البحر . ولقد يصعب تحديد المدى الرأسى أو سمك الغلاف الجوى على وجه الدقة ، وذلك لعدم وجود حدود حادة فاصلة بينه والفضاء الخارجى . لكن قد اصطلح العلماء على تقسيمه الى أربع طبقات رئيسية على أساس التباين الرأسى فى الكثافة ودرجة الحرارة والضغط الجوى .

#### طبقة التروبوسفير :

طبقة التروبوسفير Troposphere تمثل المستوى السفلى من الغلاف الجوى



شكل رقم (٢) طبقات الغلاف الجوي الرئيسية

الذى يعلو سطح الأرض مباشرة . ويبلغ سمكها حوالى ١٢ كم ، لكن هذا السمك يختلف فى النطاق الحار عنه فى المناطق القطبية . وفى المناطق المدارية يبلغ نحو ١٧ كم ، وذلك بسبب تيارات الحمل الصاعدة نتيجة لتمدد الهواء بواسطة الحرارة ، بينما يقل السمك فى المناطق القطبية بسبب الهواء البارد الثقيل الهابط . وطبقة التروبوسفير هى أكثر طبقات الجو نشاطا ، ففيها تتكون السحب والعواصف والتساقط بأنواعه ، لذلك فهى أهم طبقات الغلاف الجوى بالنسبة لحياة الكائنات على سطح الأرض .

#### خصائصها :

##### من حيث الكثافة :

تتميز هذه الطبقة بأنها أكثر طبقات الغلاف الجوى كثافة ، وذلك لأن الهواء قابل للانضغاط ، لهذا فان كثافة الطبقة السفلى من الغلاف الجوى الملاصقة لسطح الأرض لا بد وأن تكون أكبر من كثافات الطبقات التى تعلوها ، لأنها بطبيعة الحال واقعة تحت ثقلها وضغطها . وتتناقص كثافة الهواء فى طبقة التروبوسفير بمعدلات أسرع من تناقصها فى الطبقات الأعلى التى يتميز هواؤها بالتخلخل وانخفاض الكثافة .

وتبلغ كثافة الغلاف الجوى عند مستوى سطح البحر ١.٢٣ كيلو جرام



في المتر المكعب ، وعند ارتفاع ٣ كم تبلغ الكثافة ٠.٩٩ ر. كج/م<sup>٣</sup> ، وعند ارتفاع ٥ كم تبلغ ٠.٧٤ ر. كج/م<sup>٣</sup> ، وعند ارتفاع ٧ كم تبلغ ٠.٥٩ ر. كج/م<sup>٣</sup> ، وعند ارتفاع ٩ كم تبلغ ٠.٤٧ ر. ، وعند ارتفاع ١١ كم تبلغ ٠.٣٦ ر. ، وعند ارتفاع ١٣ كم تبلغ ٠.٢٧ ر. ، وعند ارتفاع ١٥ كم تبلغ ٠.٢٠ ر. ، وعند ارتفاع ١٧ كم تبلغ كثافة الغلاف الجوي ٠.١٤ ر. كج/م<sup>٣</sup> .

وقد تبين أن أكثر من ٥٠% من كتلة الغلاف الجوي توجد في سمك مقداره نحو خمسة كيلو مترات من سطح الأرض ، كما وتبلغ كتلة الغلاف الجوي الموجودة بين سطح الأرض وارتفاع ١٢ كم نحو ٨٤% من كتلته الكلية . وينتشر القسم المتبقى من الغلاف الجوي ومقداره نحو ١٩% فوق مستوى ١٢ كم وحتى ارتفاع ٩٠٠ كم ، وعند هذا المستوى ينعدم الغلاف الجوي تماما .

هذا وتوجد الغازات الثقيلة في المستويات السفلى من الغلاف الجوي ، بينما توجد الغازات الخفيفة في المستويات العليا . ولكن نظرا لما يحدث في الغلاف الجوي من حركة واضطراب يتمثل في تيارات هوائية أفقية ، وأخرى رأسية صاعدة وهابطة ، فإن المزج والخلط يتم بين مختلف الغازات ، فلا تظهر فروق كبيرة ، خاصة في سمك الغلاف الجوي المحصور بين سطح الأرض وارتفاع ٥٠ كم .

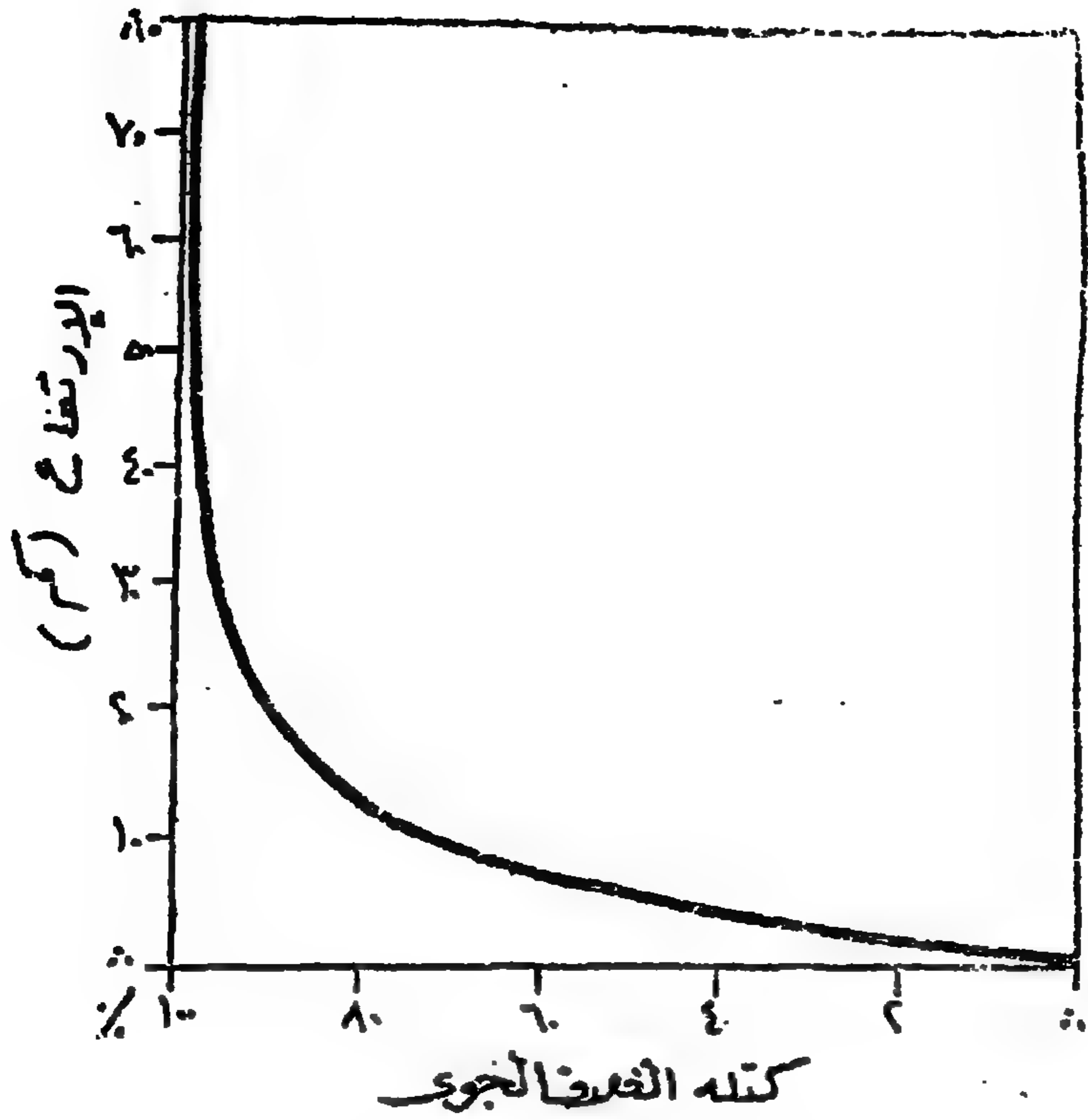
### من حيث الضغط :

يعرف الضغط الجوي بأنه وزن عمود الهواء الواقع على وحدة مساحة معلومة على سطح الأرض .

ويتناقص الضغط الجوي بالارتفاع عن سطح البحر لسببين :

- ١ - تناقص طول عمود الهواء بالارتفاع .
- ٢ - يتركز معظم الغازات الثقيلة والمواد العالقة في الطبقات السفلى ، وتقل بالارتفاع حتى تنعدم .

ويقل معدل انخفاض الضغط الجوي بالارتفاع ، فهو يبدأ في التناقص سريعا في الطبقات السفلى ، ثم يتباطأ بالارتفاع لتناقص كثافة الهواء لخفة الغازات وتخلخلها . ويبلغ الضغط الجوي القياسي في الجهات المعتدلة ١٠١٣ ميليبار عند مستوى سطح البحر ، و ٧٠١ ميليبارا عند ارتفاع ٣ كم ، ١٤ ميليبار عند ارتفاع ٥ كم . و ٤١١ عند ارتفاع ٧ كم ، و ٣٠٨ عند



شكل رقم (٣) تناقص كتلة الغلاف الجوي بالارتفاع

ارتفاع ٩ كم ، ٢٢٧ عند ارتفاع ١١ كم ، ١٦٦ عند ارتفاع ١٣ كم ، و ١٢١ عند ارتفاع ١٥ كم ، و ٨٩ ميلليبارا عند ارتفاع ١٧ كم .

### من حيث الحرارة :

تتناقص درجة الحرارة بالارتفاع في طبقة التروبوسفير ، وذلك أمر طبيعي ، لأن الهواء لا يسخن من الاشعة الشمسية مباشرة ، وانما من ملامسته لسطح الأرض . فسطح الأرض هو المصدر المباشر لتسخين الغلاف الجوي . ذلك أن غازي الأوكسجين والنيتروجين اللذين يكوئان أكثر من ٩٩% من الغلاف الغازي ، يسمحان لأشعة الشمس بالمرور خلالهما دون عائق ، فتصل الى سطح الأرض الذي يمتصها فيسخن ، ويصبح مصدر اشعاع حراري يسمى «الاشعاع الأرضي» ، وموجات الاشعاع الأرضي طويلة ، ومن ثم يتمكن الهواء من امتصاصها فيسخن . ومادام سطح الأرض هو مصدر الحرارة لتسخين الجو ، فانه من الطبيعي أن تنخفض الحرارة بالتدريج بارتفاع عن سطح الأرض .

ولقد تحدث حالات شاذة فيها تزداد الحرارة بالارتفاع ، وتعرف بحالات الانقلاب الحرارى Temperature Iuersion ، وذلك حينما تنهيا ظروف جوية معلومة ، مثلما يحدث فى بعض الليالى التى تتميز بصفاء السماء ، وانخفاض الرطوبة ، وهدوء الرياح ، أو عندما ترحف كتلة هوائية دافئة فوق سطح أرضى بارد . ولكن القاعدة هى أن درجات الحرارة تتناقص بالارتفاع عن سطح البحر .

لكن هذا الاضطراب فى تناقص الحرارة بالارتفاع لا يحدث الا فى طبقة التروبوسفير ، وهى الطبقة السفلى من الغلاف الجوى التى سبق وذكرنا أنها أهم طبقات الغلاف الجوى ، ففيها تحدث كل الاضطرابات الجوية ، وهى أكثر طبقات الجو صلة وارتباطا بجميع مظاهر حياة الكائنات الحية على وجه الأرض .

وقد أوضحت الدراسات والبيانات المتيورولوجية التى أمكن جمعها عن خصائص طبقات الجو العليا ، عن طريق الأقمار الصناعية والبالونات وأجهزة الراديو سوند ، أن تناقص الحرارة بالارتفاع خلال طبقات الجو العليا غير مضطرب ، إذ يحدث العكس فى طبقة الاستراتوسفير Stratosphere أى تزداد الحرارة بالارتفاع خلالها بين ارتفاعى ١٠ - ٥٠ كم ، ثم تعود فتأخذ فى الانخفاض التدريجى فى طبقة الميزوسفير Mesosphere بين ارتفاع ٥٠ - ٨٠ كم ، وتعود الحرارة للزيادة التدريجية مرة أخرى فى طبقة الثيرموسفير Thermosphere أعلى من ارتفاع ٨٠ كم .

هذا وتبلغ درجة الحرارة القياسية Standard فى المنطقة المعتدلة عند منسوب البحر ١٥°م ، وعند ارتفاع ١ كم نحو ٨°م ، وتبلغ درجة الحرارة ٢٥ درجة مئوية عند ارتفاع ٢ كم ، - ٤°م على ارتفاع ٣ كم ، - ١٧°م على ارتفاع ٥ كم ، - ٣٠°م على ارتفاع ٧ كم و - ٤٣°م على ارتفاع ٩ كم ، - ٥٦°م على ارتفاع ١١ كم ، - ٥٦°م على ارتفاع ١٣ كم ، - ٥٦°م على ارتفاع ١٥ كم ، - ٥٦°م على ارتفاع ١٧ كم . ومن الواضح ثبات درجات الحرارة عند درجة - ٥٦°م ابتداء من ارتفاع ١٢ كم ، أى بانتهاء طبقة التروبوسفير والدخول فيما يعرف بالتروبوبوزى Tropopause .

وتعد طبقة التروبوبوزى طبقة انتقالية بين طبقتى التروبوسفير أسفلها ، وطبقة الاستراتوسفير أعلاها ، وهى طبقة قليلة السمك نسبيا ، ويتراوح ارتفاعها فوق المنطقة القطبية بين ٩ - ١٢ كم ، وتنخفض فيها درجة الحرارة



لتصل الى حوالي ٥٠م تحت الصفر المئوى . بينما يتراوح ارتفاع الطبقة عند النطاق الاستوائى ١٦ - ١٧ كم ، وتهبط حرارتها الى ٧٠م تحت الصفر المئوى . وتمثل طبقة التروبوبوزى الحد الأعلى الذى يمكن أن تصل اليه حركة الجو واضطرابات الأرضية الناشئة .

وقد ثبت من مختلف الدراسات وجود صلة وثيقة بين هذه الطبقة الانتقالية وبين ظواهر الجو واضطرابات في التروبوسفير وقرب سطح الأرض . ولهذا أصبح يرسم لها خرائط طقس يومية مفصلة ، تظهر ما يحدث بها من تفاوت حرارى ، وتبين مقدار ارتفاعها ، وما بها من تموجات وثنيات . ومن تلك الظواهر يمكن التنبؤ بأحوال الجو على سطح الأرض . فإذا ما انخفض مستوى طبقة التروبوزى ، ونشأ مرتفع جوى (ضد اعصار) فوق المحيط الأطلسى ، ومنخفض جوى (اعصار) فوق شمال شرق أوروبا ، اجتاحت أوروبا موجات برد شديدة . وحينما يظهر التروبوبوزى على هيئة حوض أو قاع Trough على خرائط الطقس ، فإن ذلك ينذر بقدوم أعاصير التيفون Typhoon المدارية المدمرة . كما ويدل ارتفاع منسوب التروبوبوزى وانخفاض درجات حرارته على اقتراب كتل هوائية مدارية دافئة من جزر اليابان .

#### طبقة الاستراتوسفير :

توجد طبقة الاستراتوسفير Stratosphere فوق طبقة التروبوبوزى . ويبلغ ارتفاعها ٥٠ كم من سطح البحر ، وسمكها بالتالى بين ١٢ - ٥٠ كم تقريبا . وتتميز بأن هواءها مخلخل ، وكثافته منخفضة ، وضغطه قليل . وفي هذه الطبقة تزداد درجة الحرارة بالارتفاع لدرجة أن حرارة الهواء على ارتفاع ٥٠ كم ، وهو حدها الأعلى ، تساوى معدل درجة حرارة الجو على سطح الأرض . ويرجع السبب فى تميز هذه الطبقة بهذه الصفة أن غاز الاوزون الذى يوجد بها فى طبقة تتمركز بين ارتفاعى ٣٠ - ٣٥ كم يمتص أشعة الشمس فوق البنفسجية .

وكان يعتقد حتى وقت قريب أن حركة الهواء فى طبقة الاستراتوسفير قليلة ، وكان جوها يشبه بالهواء الشتوى الراكد فى المناطق القطبية ، لكن المعلومات الحديثة التى أمكن الحصول عليها بوسائل الرصد المتطورة ، قد أثبتت بما لا يدع مجالا للشك فى وجود رياح مختلفة الاتجاهات . وتتميز هذه الطبقة بخلوها من بخار الماء ، وإن كان مستواها السفلى يحوى قليلا منه .

وفصل طبقة الاستراتوسفير عن الطبقة الجوية التى تعلوها والتى

تعرف بطبقة الميزوسفير Mesosphere ، طبقة انتقالية تسمى استراتوبوزى Stratopause . وهى تعلو مستوى ٥٠ كم ، وتتميز بخصائص انتقالية بين الطبقتين الرئيسيتين فى أسفلها وفى أعلاها .

### طبقة الميزوسفير :

تعلو طبقة الاستراتوبوزى ، وتمتد طبقة الميزوسفير بين منسوبى ٥٠ - ٨٠ كم من سطح البحر . وترتفع فى أسفلها درجة الحرارة قليلا ثم لا تلبث أن تنخفض تدريجيا بالارتفاع . ويتمثل مصدر حرارة الميزوسفير فى طبقة الاوزون الموجودة أسفلها بين ارتفاعى ٣٥ - ٥٠ كم . ولهذا فانه بالتوغل فى طبقة الميزوسفير الى أعلى ومن ثم الابتعاد عن طبقة الاوزون يؤدى الى تناقص درجة الحرارة .

ويعلو هذه الطبقة مباشرة طبقة انتقالية تعرف باسم ميزوبوزى Mesopause . وتؤثر أشعة الشمس فوق البنفسجية فى الهواء الخفيف الموجود فيها ، وتؤدى الى شحنه كهربائيا . والى هذه الطبقة يرجع الفضل فى حرق الشهب والنيازك التى تندفع الى الأرض فتصل الى سطحها رمادا . ولعل احتراق الشهب والنيازك هنا هو السبب فى رفع درجة حرارتها وحرارة القسم الأسفل من طبقة الميزوسفير .

### طبقة الأيونوسفير «إيثرموسفير» :

طبقة الأيونوسفير Ionosphere . أو طبقة الأثير ، هى طبقة جوية متأينة . وتوجد ابتداء من ارتفاع ٨٠ كم تقريبا فوق سطح البحر . وهواؤها مكون من غازات خفيفة جدا كالنيون والهليوم ، ولذلك فهو مخلخل جدا ومتاين ، أى أن ذراته قد تحللت الى مركباتها الكهربائية (بروتونات ونيوترونات واليكترونات) . وتزداد درجة تركيز الاليكترونات فى مستويات معلومة داخل هذه الطبقة ، فتعمل على انعكاس الموجات اللاسلكية الكهرومغناطيسية فترتد نحو الأرض .

وتعرف هذه الطبقة أحيانا باسم طبقة الثروموسفير Thermosphere لأن درجة الحرارة تزداد فيها بالارتفاع - والسبب فى ذلك يرجع الى أن تاين الهواء يعمل على رفع درجة حرارته . ولما كان تاين الهواء يزداد بالارتفاع فى تلك الطبقة ، فان درجة الحرارة تزداد فيها بالارتفاع أيضا ، ويساعد على ارتفاع الحرارة عامل آخر هو قدرة هذا الهواء على امتصاص قدر من الأشعة فوق البنفسجية القصيرة الموجات . ويؤدى ارتفاع الحرارة

في هذه الطبقة الى صهر واحتراق بعض الشهب والنيازك التي تدخل جو الأرض ، وهذا بدوره يؤدي الى رفع حرارة تلك الطبقة .

ومن الظواهر الجوية التي تحدث في هذه الطبقة العليا من الغلاف الجوي ظاهرة الشفق ، وظاهرة الاورورا *Aurora* (كلمة لاتينية معناها الفجر) التي يطلق عليها أسماء عدة منها : الفجر القطبي أو الوهج القطبي أو أنوار الشمال *Aurora Borealis* والفجر القطبي الجنوبي أو الاسترالي *Aurora Australis* . وتشاهد هذه الظاهرة حسبما يبدو من الاسم في المناطق القطبية والقريبة من القطبين . وتظهر للمشاهد بهيئة ستائر أو خيوط متلاصقة منيرة تتدلى في اتجاه سطح الأرض من ارتفاعات تعلو ١٠٠ كم .

ويعزى سبب نشأة هذه الأضواء الى انطلاق كميات كبيرة من الكهارب أو الالكترونات من جسم الشمس ، خاصة أثناء فترات زيادة نشاط البقع الشمسية (التي هي بمثابة عواصف كهربائية عنيفة في جسم الشمس تبدو أكثر بريقا من بقية أجزائها) ، وتصطدم تلك الالكترونات في طريقها نحو الأرض مع جزيئات هواء طبقة الأيونوسفير ، فيسفر هذا الاصطدام عن حدوث هذه الأضواء التي تعرف بالوهج القطبي . وقد يحدث أن تحترق بعض غازات طبقة الأيونوسفير احتراقا ذاتيا فتؤدي الى تكوين ما يسمى بالوهج الجوي *Air Glow* .

هذا وتجدر الإشارة الى أن مثل هذه الظواهر الجوية ليس لها أي تأثير على ظواهر الجو في طبقة التروبوسفير ، وهي الطبقة السفلى من الغلاف الجوي . ونحن كجغرافيين تهتمنا دراسة التغيرات التي تحدث في التروبوسفير لما لها من ارتباط وثيق بحياة الكائنات على سطح الأرض . ولهذا فإن دراستنا لعناصر المناخ في الفصول التالية تنصب على ظواهر الجو في تلك الطبقة .

### نشأة الغلاف الجوي وعوامل تلوثه

#### أصل نشأة الغلاف الجوي :

لقد مر الغلاف الجوي في عدة مراحل من التطور قبل أن يصل الى تركيبه وخصائصه المميزة الحالية . فالأرض حينما ولدت أصبح لها كيان مستقل منذ أكثر من خمسة مليارات سنة ، كانت صغيرة الحجم نسبيا ، ولم يكن لها غلاف جوي يحيط بها . وأخذ حجم الأرض في الكبر بمرور أعداد لا حصر لها من الكويكبات واصطدامها بها أثناء مرحلة يمكن تسميتها مرحلة



ورود الكويكبات • وحينما كبرت الأرض ، وأصبحت لها قوة جاذبية كافية ، أخذت تجذب كميات من غازات فضاء المجموعة الشمسية وتأسرها وتحتفظ بها من حولها • وتلك هى الغازات الخفيفة كالهيدروجين والهيليوم التى تتألف منها هوامش الغلاف الجوى الحالى العليا •

أما المرحلة الثانية المهمة فى تكوين الغلاف الجوى الحالى فهى مرحلة الشوران البركانى • وعن طريقه انبثقت معظم غازات الجو الحالى التى من أهمها : الأمونيا ، والميثان ، وثانى أكسيد الكربون ، وبخار الماء المكون من النيتروجين والأكسجين • ومن المعروف الآن أن مياه البحار والمحيطات هى مياه أصلية Juvenile Water ، انبثقت مع كتال الصهير من باطن الأرض فى أثناء مراحل النشاط البركانى ، التى لم تتوقف منذ ولادة الأرض •

والمرحلة الثالثة : فى تكوين الغلاف الجوى الحالى بدأت مع تطور الحياة على سطح الأرض ، ودخول مزيد من الأوكسجين بكميات كبيرة ، ذلك أن المصدر المهم للأوكسجين الجوى ، هو تحلل المواد العضوية للكائنات الحية بعد موتها • ويرى بعض العلماء أن معظم الأوكسجين قد دخل غلافنا الجوى الحالى فى العصر الكربونى من أعصر الزمن الجيولوجى الأول ، عندما بدأ تكوين رواسب الفحم ومكامن البترول فى مختلف أنحاء الأرض •

ويحدث التوازن فى تركيب الغلاف الجوى على مر العصور عن طريق المصادر الآتية :

- ١ - انبثاق الغازات وبخار الماء مع المصهورات البركانية •
- ٢ - تحلل الكائنات الحية بعد موتها ، واحتراق مواد الوقود •
- ٣ - دورة النيتروجين فى النشاط الذى تقوم به البكتريا فى التربة •
- ٤ - عملية التمثيل الكلوروفيللى الذى يقوم بها النبات فى الضوء •
- ٥ - عمليات تنفس الأحياء •

### وظائف الغلاف الجوى :

وقبل أن نعرض لدور الانسان فى التأثير فى تركيب الغلاف الجوى ، يحسن أن نميز الوظائف الرئيسية التى يقوم بها الجو ، والتى بدونها لا تستقيم الحياة على وجه الأرض •

### ١ - تنظيم درجة الحرارة على سطح الأرض :

ينظم الغلاف الجوى وصول الاشعاع الشمسى الى سطح الأرض، ويعرقل

نفاذ الاشعاع الأرضى بكامله الى الفضاء ، فهو بذلك يقوم بدورها وحيوى  
فى تنظيم درجات الحرارة بحيث تكون دواما ملائمة لحياة مخلوقات الله  
على سطح الأرض . ولولا وجود الغلاف الجوى لارتفعت حرارة النهار الى  
ما فوق ١٠٠°م ، ولهبطت أثناء الليل الى مادون الصفر بنفس القدر ( أكثر  
من ١٠٠°م تحت الصفر ) ، ولأصبح المدى الحرارى اليومى أكثر من ٢٠٠° ،  
ولاستحالت الحياة على سطح الأرض . ولكن مع وجود الغلاف الجوى  
بخصائصه المذكورة ، صار المعدل الحرارى اليومى للجو الملامس لسطح  
الأرض نحو ١٥°م . وهو مقدار مناسب جدا لحياة الكائنات .

## ٢ - توزيع ونشر الطاقة الحرارية على سطح الأرض :

يصل النطاق المدارى من سطح الأرض مقدار عظيم من الاشعاع الشمسى  
العمودى ، ومن ثم ترتفع حرارته ارتفاعا عظيما ، بينما لاينال النطاق  
القطبى فى الشمال وفى الجنوب منه سوى القليل . ولولا الحركة فى الغلاف  
الجوى التى تنقل الطاقة وتوزعها على جميع سطح الأرض لاستحالت الحياة  
فى النطاق المدارى لشدة حرارته ، وفى المناطق القطبية لشدة برودتها .

## ٣ - توزيع ونشر بخار الماء فى الطبقة المحيطة بالأرض :

المسطحات المائية هى المصدر الرئيسى لبخار الماء ، خاصة ما يقع منها  
فى المناطق المدارية . فقد قدر ما يتبخر منها ويدخل الغلاف الجوى نحو  
٨٦% من جملة بخار الماء فيه . ولولا حركة الهواء لتركز المطر فى ذات  
النطاق ، ولحرمت منه بقية سطح الأرض . فالغلاف الجوى ينقل بخار الماء  
من فوق المسطحات المائية الى الاراضى اليابسة حيث تعيش الكائنات الحية  
معيشة دائمة .

## عوامل تلوث الغلاف الجوى :

ظل الغلاف الجوى متوازنا بصورة طبيعية حتى بداية الثورة الصناعية  
فى أوروبا ، وانتشارها بعد ذلك فى جميع أنحاء المعمورة ، ومن ثم بدأت  
تدخل تغيرات سريعة فى تركيب الغلاف الجوى ، لابد وأن تكون ذات آثار  
مناخية عالمية ، ناهيك عن عوامل التلوث المحلى ذات الأثر المباشر فى صحة  
الاحياء فى بقاع معلومة .

ويصيب التغير فى الغلاف الجوى نواحى عدة ، منها زيادة نسبة غاز  
ثانى أكسيد الكربون ، وانقاص نسبة غازات أخرى كالأوكسجين والأوزون .  
وقد عمل الانسان أيضا على زيادة نسبة المواد العالقة بالجو ، كما أسهم  
بإدخال عناصر غريبة فى تركيبه مثل بعض العناصر المشعة .

## زيادة نسبة ثاني أكسيد الكربون واثرها في المناخ العالمي :

سبق أن ذكرنا أن الغلاف الجوي يحوى نسبة من ثاني أكسيد الكربون تقدر بنحو ٠.٣٪ . ورغم أن ثاني أكسيد الكربون من غازات الجو ذات النسب الثابتة ، فإنه من المؤكد أنها ازدادت بشكل ملحوظ منذ بداية الثورة الصناعية ، والافراط في استخدام الفحم لتوليد الطاقة ، وما ينشأ عن ذلك من اطلاق كميات هائلة من غاز ثاني أكسيد الكربون . ويرى بعض العلماء أن ثاني أكسيد الكربون قد ازداد بنسبة مقدارها ١٠٪ مما كانت عليه قبل بداية الثورة الصناعية ، ويقدر آخرون أن نسبة هذا الغاز قد ارتفعت من ٢٩٠ جزء في المليون قبل القرن التاسع عشر الى نحو ٣٢٠ جزء في المليون في خمسينيات هذا القرن ، ويتوقعون لهذه النسبة أن تبلغ ٤٠٠ جزء في المليون عند نهاية هذا القرن العشرين .

وينبغي أن نشير الى أن الارتفاع في نسبة ثاني أكسيد الكربون لا تقتصر على المدن الصناعية دون غيرها من المدن ، ودون الريف ، فهي ظاهرة تشمل الغلاف الجوي كله ، فالبحر قادر على الخلط والمزج ، والنشر والتوزيع كما أسلفنا .

ويحدث التوازن بصورة طبيعية بين العوامل التي تبني ثاني أكسيد الكربون والعوامل التي تقوم بالتخلص منه . ذلك أن التنفس وحرق العضويات يؤدي الى بنائه ، بينما تعمل التفاعلات الكيمووضوئية التي تحدث في طبقات الجو العليا على التخلص من بعضه ، اضافة الى أن النباتات تستهلك قسما كبيرا منه في عملية التمثيل الكلوروفيللى ، كما أن مياه البحار والمحيطات تذيب جزء منه ، وتزداد قابلية اذابته بتلك المياه كلما انخفضت درجات حرارتها . ولكن تدخل الانسان منذ بداية الثورة الصناعية كان وما يزال العامل المهم في بناء الزيادة التي باتت خطيرة على المناخ العالمي بعامه ، وعلى صحة الأحياء بخاصة .

## اثر الزيادة في نسبة ثاني أكسيد الكربون على المناخ :

يتضح اثر الزيادة الملحوظة في نسبة ثاني أكسيد الكربون على المناخ ، عن طريق تأثيرها على التوازن الاشعاعى للأرض . ذلك أن ثاني أكسيد الكربون يمتص قسما من الاشعاع الحرارى الأرضى ، ومن ثم يحفظه في المستوى السفلى من التروبوسفير الملامس لسطح الأرض ، وتبعاً لذلك ترتفع حرارة هذا المستوى ، مما يؤدي الى صهر قسم من الجليد المتراكم في المناطق القطبية ، خاصة جليد أنتاركتيكا وجليد جرينلندا ، اضافة الى جليد



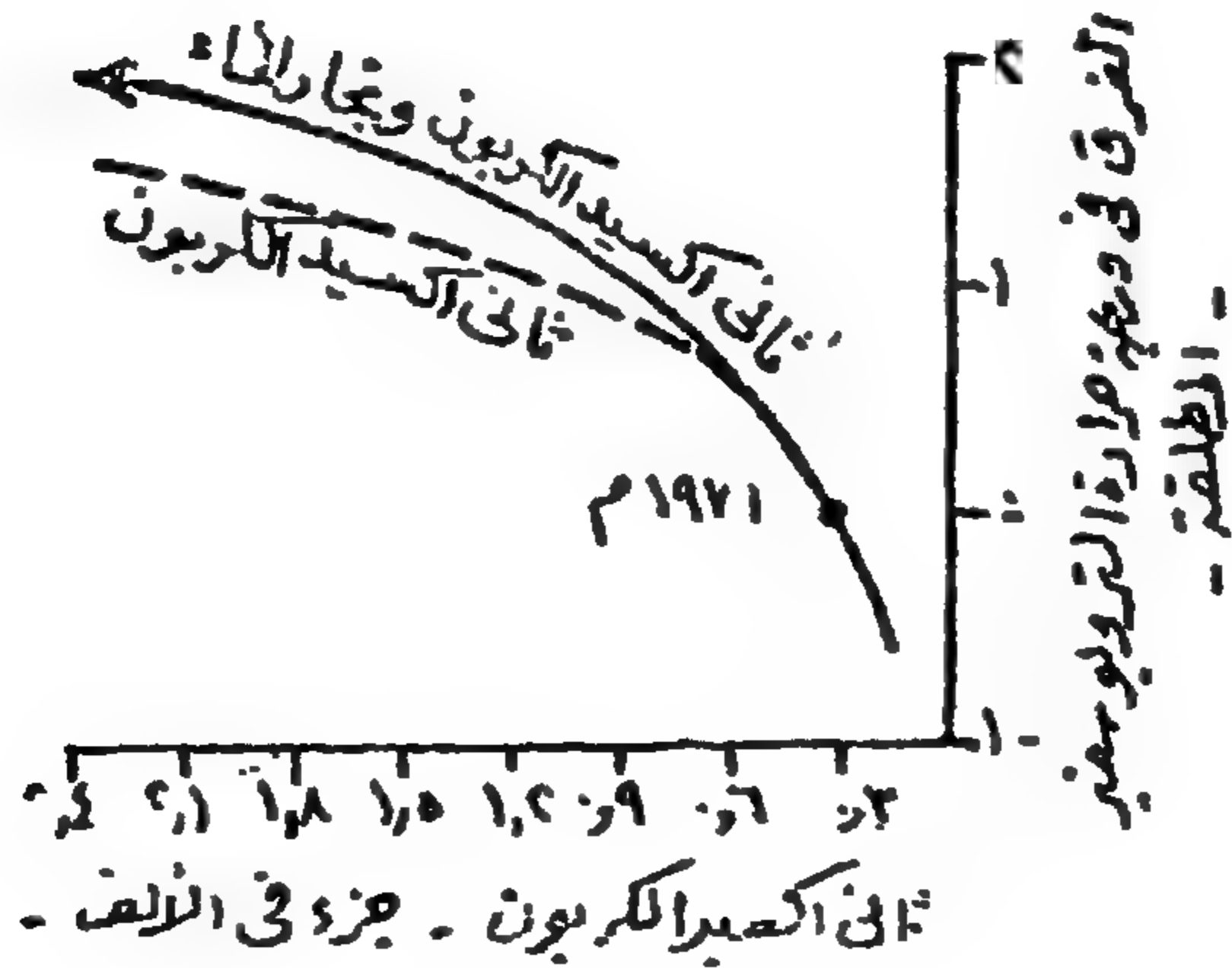
القلنسوات الجليدية فوق ذرى الجبال • وقد سجل بالفعل تناقص في سمك الجليد ، وانكماش في هوامشه ، كما لوحظ تراجع الجليد في أودية الألب والهنمالايا والروكي منذ بداية القرن العشرين •

ولاشك أن انصهار الجليد وانصباب مياهه في البحر يؤدي الى نتائج لها خطورتها على الحياة والحياء • فارتفاع منسوب البحار والمحيطات يعنى طغيان مياهها على السواحل المنخفضة المأهولة بالسكان كأراضى هولندا في دلتا الراين ، وأراضى مصر في دلتا النيل ، أضف الى ذلك التآكل والنحر الذى باتت تعاني منه سواحل كثير من الدول •

ولقد تعددت الآراء المبنية على دراسات وأبحاث مستفيضة فيما يخص آثار ارتفاع نسبة ثانى أكسيد الكربون على رفع درجة حرارة الجو المحيط بسطح الأرض • من تلك الآراء المهمة ما يلى :

#### ١- رأى راسول وشنايدر Rasool and Schneider :

يرى هذا العالمان ( ١٩٧١ صفحات ١٣٧ - ١٤٢ ) أنه لو بلغت نسبة ثانى أكسيد الكربون في الجو عشرة أمثال نسبته الحالية ، فإن درجة حرارة الجو لن ترتفع الى أكثر من ٢.٥°م • معنى ذلك أن أثر زيادة نسبة ثانى أكسيد الكربون في الجو على رفع درجة حرارة الهواء تتناقص تدريجيا بعد أن تصل نسبة ذلك الغاز في الجو حدا معلوما •



شكل رقم (٤)

تغير درجة حرارة التروبوسفير

مع زيادة نسبة ثانى أكسيد الكربون في الغلاف الجوى

## ٢ - رأى ماناب وويثيرالد Manabe and Wetherald :

يرى أن الارتفاع في درجة حرارة الجو بتأثير الارتفاع في نسبة ثاني أكسيد الكربون في الجو ، ستكون أكثر وضوحا في المناطق القطبية منها في النطاقات المدارية . ويعتقدان أن درجة حرارة الأرض الواقعة ضمن دائرة العرض ٨٠° شمالا سترتفع عشر درجات مئوية ( ١٩٧٥ صفحات ٣ - ١٥ ) . ولو صح هذا الرأي لآدى في المستقبل الى طغيان مياه البحر العالى على اراضى ساحلية عظيمة المساحة ، ولتغيرت نسبة توزيع اليابس والماء تغيرا كبيرا ، يعود بها الى الوضع في اواخر الزمن الثالث وبداية الزمن الرابع ، حينما كان اليابس يخلو من الجليد ، وكان منسوب مياه البحار والمحيطات فوق منسوبها الحالى بنحو ١٠٠ متر .

ويرد على هذا الرأي الباحث شنايدر Schneider ( ١٩٧٥ ) فيقول بأن ارتفاع درجة الحرارة يعنى زيادة نشاط الدورة الهيدرولوجية وارتفاع معدلات التبخر ، مما يؤدي الى زيادة نسبة التغير ، ويرى أنه لو ارتفعت نسبة تغير السماء بمقدار ٢٤٪ ، فإن هذه النسبة كفيلة باهدار أى اثر لزيادة نسبة ثاني أكسيد الكربون في الجو .

### اثر الزيادة في نسبة المواد العالقة في الجو على المناخ :

رأينا كيف دلل الباحث على ارتفاع درجة الحرارة خصوصا في النصف الاول من هذا القرن العشرين ، معللين لذلك بزيادة نسبة ثاني أكسيد الكربون في الجو . وعلى العكس من ذلك يرى جانب من العلماء أن درجات الحرارة ابتداء من الخمسينيات ( أى منتصف هذا القرن العشرين ) قد توقفت عن الارتفاع ، بل أنها أخذت في التناقص التدريجي وينذرون بأن العالم مقبل على دور جليدي خامس ، لو اضطرد الهبوط في درجات الحرارة ( Kellogg, W. 1977, 1978 ) . ويرجعون هذه الظاهرة الى زيادة نسبة المواد العالقة في الجو من مختلف المصادر التي سبق أن أشرنا اليها .

ومعلوم أن زيادة نسبة المواد العالقة يعنى زيادة في نسبة ما تعكسه من اشعاع شمسى ورده الى الفضاء وحرمان جو الأرض السفلى منه ، فضلا عن زيادة ما تمتصه من اشعاع ( Frislaw, N. 1973 ) ومعلوم أن المواد العالقة في الغلاف الجوى تعكس ما بين ١ - ٢٪ من أشعة الشمس وتمتص نحو ٥٪ منها ، وأكثر المواد العالقة فاعلية في توزيع ونشر الأشعة الشمسية هي التي تتراوح أقطارها بين ٠.١ - ٠.٤ ميكرون .

وفضلا عن ذلك فإن زيادة المواد العالقة في الجو يساعد على سرعة

• تكوين السحب ، لأن بخار الماء يتكاثف حولها ، وتبعاً لذلك يحجب الأشعة الشمسية ويزداد معدل انعكاسه ، وتتناقص نسبة ما يصل منه إلى سطح الأرض. ويقدر العلماء (Rasool and Schneider 1971) أن نسبة المواد العالقة قد تضاعفت في الغلاف الجوي خلال نصف القرن الأخير .

### تلوث طبقة الأوزون واثره على المناخ :

رأينا أهمية غاز الأوزون الذى يوجد فيما بين ارتفاعى ٣٠ - ٣٥ كم ضمن طبقة الاستراتوسفير ، فى رفع درجة حرارة تلك الطبقة ، لأنه يمتص أشعة الشمس فوق البنفسجية . وبامتصاصه تلك الأشعة يقى الأحياء على سطح الأرض من أخطارها . ولاشك أن تغيير تركيب تلك الطبقة التى تدعى أحيانا بطبقة الأوزونوسفير يخلق مشاكل للأحياء من جهة ، ويؤثر على ظروف المناخ فى طبقة التروبوسفير من جهة أخرى .

ولقد لحق التلوث هذه الطبقة، رغم ارتفاعها ، نتيجة لما تنفثه محركات الطائرات النفاثة العملاقة التى تحلق فيها من غازات ونفايات وبخار ماء ، تبقى جميعا عالقة بتلك الطبقة سنوات طويلة . وقد قدر مقدار ما تنفثه تلك الطائرات كل ساعة فى طبقة الأوزونوسفير ما يزيد على مائة طن من بخار الماء ، ونحو ثمانين طناً من غاز ثانى أكسيد الكربون ، وعدة أطنان من أول أكسيد الكربون وأكاسيد النيترات (Mc Elroy 1974 & Newell 1980).

وقد قدر أحد العلماء (Nuessle 1980) أن نسبة بخار الماء فى الاستراتوسفير سترتفع من ٣ جزء فى المليون ، إلى ٥ جزء فى المليون نتيجة لطيران ٥٠٠ طائرة نفاثة يومياً فى تلك الطبقة فيما بين دائرتى عرض ٤٥ - ٦٠° شمالاً . وهذا سيؤدى إلى تناقص ملحوظ فى نسبة الأوزون ، وإلى زيادة كبيرة فى نسبة التغير وتكوين السحب ، وإلى ارتفاع فى درجة حرارة الاستراتوسفير يصل ١٥°م ، بينما تهبط درجة حرارة التروبوسفير بمعدل ٠.٦°م .

ويلوث طبقة الأوزون التفجيرات الذرية التى تجريها الدول الكبرى . فلقد استقر الكثير من الإشعاعات النووية فى تلك الطبقة منذ تفجير أولى القنابل الذرية على مدينتى هيروشيما وناجازاكي اليابانيتين فى أواخر الحرب العالمية الثانية عام ١٩٤٥ .

### الانقلاب الحرارى وعلاقته بتلوث الجو :

القاعدة العامة أن درجات الحرارة تتناقص بالارتفاع عن منسوب سطح



البحر ، لكن يحدث أحيانا أن تزداد الحرارة بالارتفاع في الغلاف الجوى .  
وتعرف هذه الظاهرة بالانقلاب الحرارى . وتتم فى سمك من الجو لا يتعدى  
ارتفاعه كيلو مترا واحدا فى معظم الأحوال ، ثم يظهر أعلاه التناقص  
الحرارى العادى بالارتفاع . ويكثر حدوث الانقلاب الحرارى عندما يكون  
سطح الأرض أبرد من الهواء الذى يعلوه مباشرة ، فتنتقل الحرارة بالتوصيل  
منه الى سطح الأرض البارد . والانقلاب الحرارى متنوع لاختلاف أسباب  
النشأة . وسيأتى ذكر ذلك تفصيلا فى فصل الحرارة .

ويهمنا هنا أن نوضح العلاقة بين الانقلاب الحرارى وانتشار التلوث  
فى الجو من عوادم المصانع والمعامل ووسائل النقل . ذلك أن الانقلاب  
الحرارى يضع حدا لطبقة دافئة مستقرة قليلة السمك ( واحد كيلو متر )  
ينتشر فيها الدخان فيؤثر تأثيرا ضاراً على البيئة المحلية . وعادة ما يتخلص  
الجو من مواد التلوث بنشرها فى كل اتجاه ، ثم يتخلص منها عن طريق  
التساقط مع المطر أو الثلج . لكن يحدث أحيانا أن يتكون انقلاب حرارى  
ويستقر الجو مدة تدوم بضعة أيام ، كما حدث فى جو مدينة لندن فى شهر  
يناير من عام ١٩٥٢ ، حين أدى ارتفاع تلوث جو المدينة خلال أسبوع كامل ،  
الى وفاة حوالى أربعة آلاف نسمة ، كما توفى بسبب أمراض التلوث نحو  
ثمانية آلاف نسمة فى خلال الشهرين التاليين .



## البَابُ الثالث

### الاشعاع الشمسى والاشعاع الارضى

- الاشعاع ومصادره : الارضى ، الكونى ، الشمسى .
- انواع الاشعاع الشمسى : الحرارى ، الضوئى ، فوق البنفسجى .
- الاشعاع الشمسى مصدر الطاقة - صور الطاقة الشمسية .
- نموذج محطة مناخية (كشك الارصاد الجوية) .
- وسائل انتقال الحرارة فى الجو : بالتوصيل ، بالحمل ، بالاشعاع .
- ثابت الاشعاع الشمسى .
- العوامل المؤثرة فى مقدار الاشعاع الشمسى .
- أجهزة قياس الاشعاع الشمسى .
- العوامل المؤثرة فيما يمتصه وما يعكسه سطح الارض من اشعاع .
- توزيع الاشعاع الشمسى على سطح الارض .
- الاشعاع الارضى .
- قياس معدل الاشعاع الارضى .
- الالبيدو الارضى والميزانية الاشعاعية .
- توزيع الاشعاع الشمسى الذى يدخل جو الارض .
- وسائل تخلص سطح الارض من الاشعاع .





## الاشعاع الشمسى

### الاشعاع ومصادره :

يعرف الاشعاع الشمسى بعامة بأنه انتقال أو انتشار الطاقة - وللأشعاع مصادر عدة نجملها فيما يلى :

#### ١ - جوف الأرض :

وهو حار ، ورغم شدة حرارته لا يصل من اشعاعه الى الغلاف الجوى سوى النذر اليسير ، نظرا لصعوبة وصوله الى الجو من خلال الغلاف الصخرى السميك المندمج ، وما ينفذ منه الى الجو يكون من خلال النشاط البركانى عبر فتحات فوهات البراكين المركزية ، أو من خلال شقوق وكسور تصيب قشرة الأرض ، أو عن طريق العيون والينابيع والنافورات الحارة .

#### ٢ - الاشعاع الكونى :

ونقصد به اشعاع النجوم، والحرارة المستمدة من حرق الشهب والنيازك فى أعالي الغلاف الجوى ، وما يصل من هذا الاشعاع الى الأرض ضئيل للغاية .

ولا تسهم هذه المصادر سوى ٠.٣٪ من الاشعاع والطاقة الواصلين الى سطح الأرض .

#### ٣ - الاشعاع الشمسى :

هو مجموعة من الاشعاعات الاثرية مصدرها الشمس . وهو المصدر الرئيسى للطاقة فى الغلاف الجوى ، ويسهم بنحو ٩٧ر٩٩٪ من جملة الطاقة . وطاقة الاشعاع الشمسى هى سبب جميع ظواهر الجو من سحب ورياح وأمطار وعواصف وبرق ورعد . وتأتى حركة الغلاف الجوى من التفاوت فى وفرة الطاقة الشمسية من مكان لآخر . وتستنفذ تقلبات الجو واضطرابات الطقس والعواصف والأعاصير طاقة ضخمة . ولقد قدر ما تستهلكه عاصفة واحدة من عواصف التيفون أو التورنادو من الطاقة ، ما يفوق الطاقة المنبعثة من تفجير القنبلة الذرية التى القيت على هيروشيما أو نجازاكي مئات المرات .

#### الشمس مصدر الطاقة :

الشمس كتلة ضخمة تتألف من غازات ملتهبة ، ويبلغ حجمها قدر حجم

• الكرة الأرضية مليون مرة • ويزيد قطرها على ١٣ مليون كيلو مترا أى قدر قطر الأرض مائة مرة • ويبلغ متوسط حرارة هوامش محيط الشمس نحو ٦٠٠٠°م ، أما حرارة جوها فتقدر بنحو ٢٠ مليون درجة مئوية • ويتركب جسم الشمس من غازين رئيسيين هما الأيدروجين بنسبة تبلغ نحو ٧٦٪ ، والهيليوم بنسبة مقدارها حوالى ١٧٪ ، وتمثل الغازات الخفيفة الأخرى بنسبة ضئيلة مقدارها ٠.٧٪ وتتشبه الشمس بمفاعل نووى عملاق ، يتم فيه توليد طاقة هائلة بواسطة تفاعلات ذرية ، يتم بموجبها اشتقاق ذرات الهيليوم من ذرات الأيدروجين ، أى تحويل ذرات الأيدروجين الى ذرات هيليوم ، وينشأ عن فائض التفاعل طاقة ضخمة هي الطاقة الشمسية • وقد حسب أنه يتم تحويل ٨٠٠ مليون طن من الهيدروجين الى هيليوم فى كل ثانية ، مما يبرهن على ضخامة الطاقة الشمسية من جهة ، وعلى تناقص جسم الشمس بالتدريج من جهة أخرى • نظرا لعظم جرم الشمس فإن هذا التناقص يسير ، لايزيد على جزء من عشرة آلاف جزء من كتلة الشمس ، فى مدى يزيد على خمسة مليارات من السنين ، منذ الانفصال وتكون الكواكب السيارة •

وتدور الشمس حول نفسها (أى حول محورها) من الغرب نحو الشرق مرة كل ٢٤ر٨٦ ساعة • وتشتع طاقتها فى الفضاء على شكل موجات مختلفة تندفع فى الفضاء بسرعة الضوء التى تبلغ ٣٠٠ ألف كيلو متر فى الثانية ، ولذلك فهى تصل الى سطح الأرض بعد شروق الشمس بست أو ثمانى دقائق • ويستطيع المتخصصون حساب مقدار ما يشعه سطح الشمس من طاقة وفقا لقانون يدعى قانون ستيفان - بولتزمان Stefan-Boltzman Law وبالمثل يمكن حساب طول موجات الاشعاع الشمسى حسب قانون فين Wien's Displacement Law •

وتظهر فى قرص الشمس بقع براءة متفاوتة المساحة تسمى «البقع الشمسية» وهى بمثابة عواصف كهربائية عنيفة فى جسم الشمس تبدو أكثر لمعانا مع بقية أجزائها • وتندفع فى الفضاء كحزمة عملاقة ، يبلغ قطرها ٦٠ ألف كيلو متر وطولها أكثر من نصف مليون كيلو متر ، وبسرعة تصل الى ١٢ ألف كيلو متر • ويتوزع منها فى الفضاء جهد مغناطيسى ضخم ، ينشأ عنه الوهج القطبى الذى سبق لنا ذكره ، والعواصف المغناطيسية • وتؤدى هذه العواصف الى أحداث تغيرات واضطرابات فى ظروف الطقس وأحوال المناخ على سطح الأرض •



## أنواع الاشعاع الشمسى :

يبلغ معظم الاشعاع الشمسى نحو نصف مايكرون ، فهو أشعاع قصير الموجات ، بينما يبلغ طول الاشعاع الأرضى ١٠ مايكرون ، أى قدر طول الاشعاع الشمسى عشرين مثلاً . ولهذا يسمى الاشعاع الشمسى بالاشعاع قصير الموجات ، والاشعاع الأرضى بالاشعاع الطويل الموجات . وهناك تفاوت فى أطوال موجات الاشعاع الشمسى رغم قصرها جميعاً ، اذ تتراوح أطوال موجات ٩٠٪ من الاشعاع الشمسى بين ٠.١٥ - ٤ مايكرون .

و: حسب أطوال موجات الاشعاع الشمسى يمكن تمييز ثلاث فئات منها :

### ١ - الاشعاع الحرارى أو الأشعة تحت الحمراء :

تكون الأشعة تحت الحمراء Infra-red Rays أو الأشعة الحرارية Heat Rays نحو ٥١٪ من مجموع الاشعاع الشمسى، ويتراوح طول موجاتها بين ٠.٧٥ - ٤ مايكرون ، وهى أشعة غير مرئية ، وتستخدم فى رفع درجات حرارة سطح الأرض والغلاف الجوى المحيط به . وهى ذات أهمية كبيرة لدراسة الطقس والمناخ .

### ٢ - الاشعاع الضوئى :

الأشعة الضوئية Light Rays أشعة مرئية Visible Rays ، تكون نحو ٤٢٪ من الاشعاع الشمسى . وتتراوح أطوال موجاتها بين ٠.٤ - ٠.٧٤ مايكرون وتشمل مجموعة الأشعة الضوئية أشعة زرقاء وحمراء وصفراء وخضراء ، يتألف الضوء من اختلاطها جميعاً . وهى ضرورية لحياة النبات للقيام بعملية التمثيل الضوئى ، وتزيد فى أوقات الظهر ، وفى الصيف عنها فى الشتاء .

### ٣ - الاشعاع فوق البنفسجى :

ويتمثل فى أشعة غير مرئية قصيرة الموجات ، يقل طول موجاتها عن ٠.٤ مايكرون ، وتكون نحو ٧٪ من جملة الأشعة الشمسية . ولهذه الأشعة فائدتها لنمو الكائنات الحية ، فهى تساعد فى علاج بعض أمراض لين العظام عند الأطفال ، لأنها تعمل على تكوين فيتامين (د) فى الجلد . لكن ينبغى عدم التعرض لها فترة طويلة ، لأن كثرتها تؤدى الى نتائج عكسية . وقد سبق أن ذكرنا أن ما يصل سطح الأرض قدر ضئيل لأن غاز الأوزون الموجود فى طبقة الاستراتوسفير على ارتفاع بين ٣٠ - ٣٥ كم يمتص القسم الأكبر منها ، ويقى الأحياء على سطح الأرض أضرارها .

## الاشعاع الشمسى مصدر الطاقة فى الغلاف الجوى :

الطاقة فى الغلاف الجوى بجميع صورها وأشكالها ذات مصدر وحيد هو اشعاع الشمس . والطاقة لا تفنى ولا تتلاشى أو تزول ، وإنما تتحول عند استعمالها من شكل لآخر ، أو من صورة لأخرى . وتتحول الطاقة الموجودة بالغلاف الجوى من طاقة حرارية الى طاقة حركية أو لطاقة كامنة ، أو من هذه الى تلك ، فى سهولة ويسر .

وتتخذ الطاقة الشمسية صوراً متعددة فى الغلاف الجوى نجمل وصف كل منها فى الآتى :

### الطاقة الحرارية Thermal Energy :

وتسمى أيضا الطاقة الداخلية Internal Energy . وتتمثل فى الحرارة التى نحسها فى الجو ، ومعلوم أن الطاقة الحرارية لأى جسم هى درجة حرارة هذا الجسم . وتبعاً لذلك فإن أى كتلتين هوائيتين متعادلتين فى درجة الحرارة ، تتعادلان أيضا فى طاقتيهما الحرارية ، وأن أى زيادة بالمثل أو النصف أو أكثر فى درجة حرارة أى منهما ، يقابلها فى التوارتفاع فى الطاقة نفس النسبة .

### الطاقة الكامنة Potential Energy :

تتمثل الطاقة الكامنة فى أى جسم فى مقدار جذب الأرض لذلك الجسم ، أى مقدار ثقله ، وهى تعادل الطاقة اللازمة لرفع ذلك الجسم الى منسوب أعلى من منسوبه الأول . فعندما يرتفع الهواء الى أعلى ، فإنه يستخدم طاقة هائلة فى هيئة طاقة كامنة ترفعه الى أعلى برغم مقاومة جذب الأرض أى مقاومة ثقله . ويعود الهواء فيشع نفس كمية الطاقة التى استخدمها فى الصعود عندما يهبط تجاه سطح الأرض . والهواء كما هو معلوم لا يستقر ، فهو دائم الحركة صعوداً وهبوطاً ، ولذلك فهو يستخدم كميات ضخمة من طاقة الكامنة .

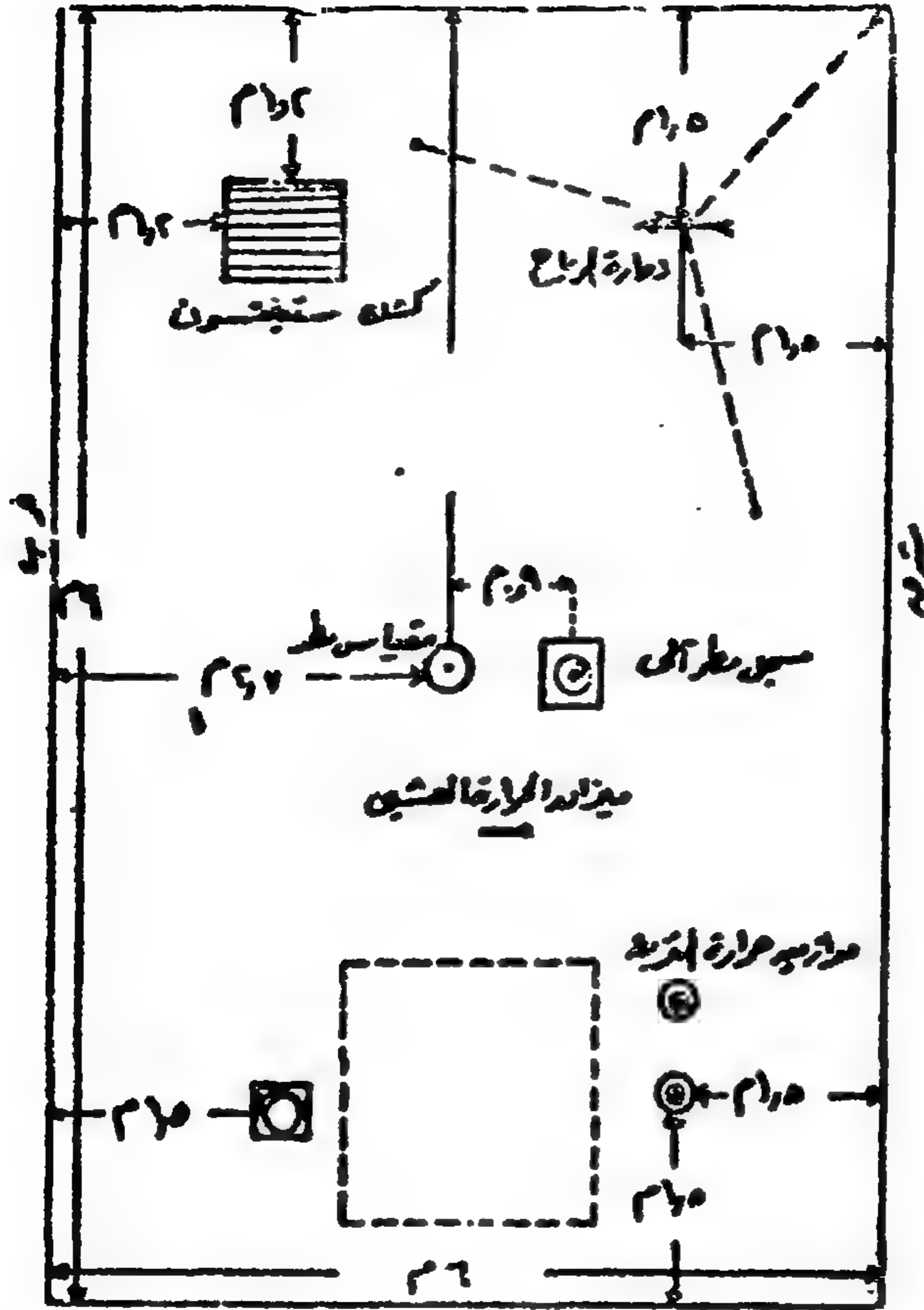
### الطاقة الحركية :

تتناسب الطاقة الحركية لأى جسم مع سرعته . وتحتاج الرياح بمختلف أنواعها التى تهب فى اتجاهات مختلفة على سطح الأرض وفى طبقات الغلاف الجوى العليا كميات ضخمة من الطاقة لكى تبقى متحركة . وكلما عظمت الطاقة وتوفرت فى أى اضطراب جوى ، فإن سرعة الرياح المصاحبة لذلك الاضطراب تكون أشد وأعنف .

**الحرارة الكامنة : Latent Heat**

هي شكل من أشكال الطاقة . وهي الحرارة أو الطاقة الناشئة من تحول المادة من شكل الى شكل آخر . فعندما تتبخر المياه تحتاج الى كمية كبيرة من الطاقة ، اذ يحتاج كل جرام من الماء ٥٩٣ سعرا حراريا لكي يتبخر . وتسمى الطاقة اللازمة لعملية التبخر باسم الحرارة الكامنة للتبخر .

• Latent heat of evaporation



شكل رقم (٥) نموذج محطة مناخية (كشك الارصاد الجوية)

وعندما يتكاثف بخار الماء ويتحول الى شكل من أشكال التكاثف ، فانه يضع نفس كمية الطاقة التي استخدمها لكي يتبخر . وتسمى هذه الطاقة باسم الحرارة الكامنة للتكاثف **Latent heat of Condensation** وفي حياتنا اليومية نحس بالطاقة أو الحرارة المستخدمة في التبخر في أمور متعددة . مثال ذلك حينما نستحم بماء ساخن نشعر بعده ببرودة مفاجئة ، وسبب



هذه البرودة أن الماء الذى يتبخر عن أجسادنا يستمد الطاقة (أى الحرارة) اللازمة لتبخره من أجسامنا ، وبالتالى تنخفض حرارتها . وحينما تشتد الحرارة أيام الصيف يعتمد كثير من الناس الى رش الشوارع وأماكن اللهو بالماء ، كى تنخفض درجات حرارتها عن طريق ما تفقده من طاقة حرارية تلزم تبخير المياه . وفى المناطق الحارة والاستوائية يلى سقوط المطر انخفاض محسوس فى درجة الحرارة ، لان كميات من مياه الأمطار تأخذ فى التبخر مباشرة فتستهلك كمية من الطاقة أى من حرارة الجو . وتغلل شدة برودة الأيام التى ينصهر اثنائها الثلج أو الجليد أكثر من أيام سقوطه باستهلاك الانصهار لكمية من الطاقة . وفى المناطق الصحراوية يعتدل الجو عقب رخات المطر فى أيام الصيف الحارة .

و حينما نرى الكميات الهائلة من المياه التى تتبخر فى كل ثانية من مياه البحار والمحيطات ومن مياه اليا بس ، وكميات بخار الماء الضخمة فى الغلاف الجوى التى تتكاثف فى هيئة سحب وضباب وندى ، يمكننا تصور المقدار العظيم من الحرارة الكامنة فى الغلاف الجوى .

### وسائل انتقال الحرارة ( الطاقة ) فى الجو :

هناك ثلاث طرق يتم بواسطتها انتقال الطاقة الحرارية من مكان لآخر على سطح الأرض :

#### ١ - التوصيل الحرارى Conduction :

تنتقل الحرارة بالتوصيل خلال وسط صلب أو سائل أو غاز وهو ثابت . وعندما يتلامس جسمان يختلفان فى درجات حرارتهما ، فإن الحرارة تنتقل بالتوصيل من الجسم الأكثر حرارة الى الجسم الأدنى حرارة ، الى أن تتعادل درجات حرارتهما . والتوصيل الحرارى مهم جدا فى الأجسام الصلبة ، لان الحرارة أو الطاقة تنتقل من جزئ لآخر بطريق مباشر وبسهولة ، لأن جزيئات الجسم الصلب ملتصقة ببعضها . أما فى الغلاف الجوى فإن الحرارة أو الطاقة تنتقل بالتوصيل فى نطاق ضيق بين سطح الأرض والطبقة الرقيقة الملاصقة له .

فعندما يمتص سطح الأرض أشعة الشمس وترتفع حرارته ، تنتقل الحرارة منه الى الهواء الملاصق له ، ثم الى الهواء الذى يعلوه .

#### ٢ - انتقال الحرارة بطريق الحمل Convection :

يشترط عند انتقال الطاقة أو الحرارة بطريق الحمل توفر وسط مادي

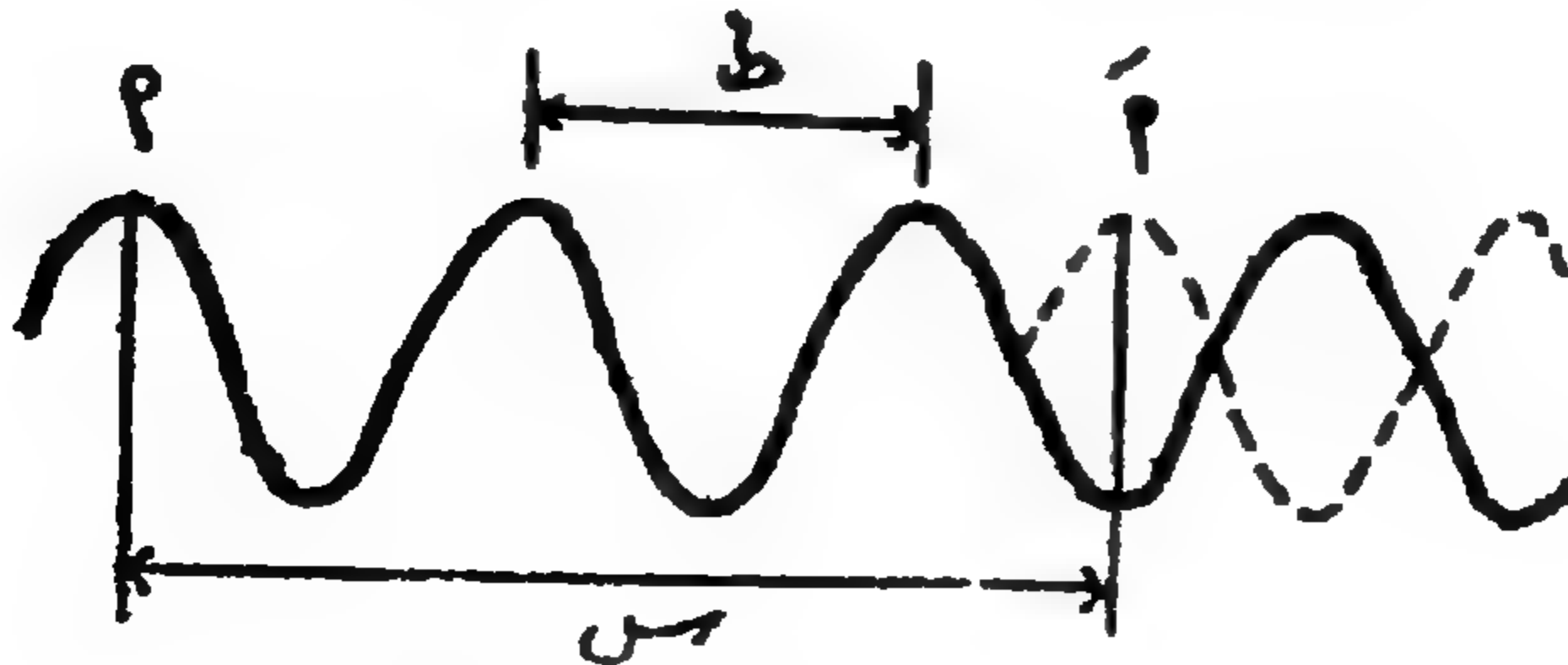
تنتقل عبره ، كما يشترط تحرك الوسط الغني بالحرارة من مكانه الأصلي الى مكان آخر ذي حرارة أو طاقة أقل منه . فانتقال الطاقة بالحمل يجب أن يصاحبه انتقال مادي للجسم المشحون بالطاقة عكس ما يحدث بالتوصيل في الأجسام الصلبة . ولهذا فإن انتقال الطاقة أو الحرارة بالحمل مهمة في الغازات والسوائل (خاصة المياه) بسبب سهولة حركتها . وهي في الواقع الوسيلة الرئيسية لانتقال الطاقة في الغلاف الجوي . وما يحدث في المناطق المعتدلة والباردة من تقلبات جوية يومية ما هو الا نتيجة لتعاقب كتل هوائية ذات درجات حرارية متباينة .

وحيثما يعظم الاشعاع الأرضي وترتفع درجة حرارة الهواء الملامس لسطح الأرض ، فإنه ينساب الى أعلى لتمدده وخلخلته وانخفاض كثافته ، ويكون ما يسمى بتيارات الحمل أو التيارات الصاعدة ، وعندما يبرد في أعالي الغلاف الجوي ، وتزداد كثافته ووزنه يعود الى الهبوط ويتحرك سطحيا ليحل محل الهواء الحار الصاعد .

### ٣ - انتقال الطاقة أو الحرارة بالاشعاع Radiation :

تنتقل الطاقة الحرارية بالاشعاع الشمسي عبر الفراغ . فالاشعاع لا يشترط وجود وسط مادي لانتقاله ، كالحال عند انتقال الطاقة بطريق التوصيل أو الحمل . فالاشعاع اذن هو الوسيلة الوحيدة التي يتم بها انتقال الطاقة الشمسية الى الأرض التي تبعد عنها بنحو ١٥٠ مليون كيلو متر .

وتنتقل الطاقة الحرارية عن طريق الاشعاع الشمسي في شكل موجات كهرومغناطيسية Electromagnetic Waves ويساوي طول كل موجة منها المسافة الواقعة بين قمتين متتاليتين (شكل رقم ٦) ، وبالتالي فإن موجات الاشعاع الشمسي تختلف في أطوالها ، لكن معظمها قصير جدا ، بحيث يتعذر



شكل رقم (٦) موجة اشعاع شمسي

ط : طول الموجة      س : سرعة الموجة

قياسها باستخدام وحدات الطول المترية المعروفة كالملليمتر ، ولهذا تقاس بأجزاء الملليمتر ، وبوحدة تعرف باسم المايكرون ، وهو يساوى جزء من ألف من الملليمتر ، على نحو ما سبق أن شرحنا .

### ثابت الاشعاع الشمسى :

يعرف ثابت الاشعاع الشمسى بأنه معدل الطاقة الشمسية الذى يصل السنتيمتر المربع من سطح أرضى دائرى مستوى فى الدقيقة ، وتقدره معظم المراجع بنحو ١ر٩٤ سعر للسنتيمتر المربع الواحد فى الدقيقة الواحدة . ويقدر مدى الاختلاف فى تقدير ثابت الاشعاع الشمسى الناتج عن النشاط الشمسى واختلاف بعد الشمس عن الأرض بحوالى ٣٪ (Rense 1961) .

ويقدر الاشعاع الشمسى بنحو  $56 \times 2610$  سعرا فى الدقيقة . ويضيع القسم الأكبر من هذه الأشعة ويتبدد فى الفضاء خارج الغلاف الجوى . ولا يصل منه الى سطح الأرض سوى جزء من ٢٠٠ مليون جزء . ولتقدير ما يصيب السنتيمتر المربع من الطاقة ، يتصور العلماء وجود سطح دائرى مستوى مكان الكرة الأرضية قطره ١ر٥  $\times 210$  اسم ، ويبعد عن الشمس بمسافة معدلها ١٥٠ مليون كيلو مترا ، وهو معدل بعد الكرة الأرضية عن قرص الشمس ، فإنه يصل كل سنتيمتر مربع من هذا المسطح حوالى ٢ سعر حرارى فى كل دقيقة واحدة . ويعرف هذا المقدار بثابت الاشعاع الشمسى كما أسلفنا ، وسمى بهذا الاسم لأنه ثابت لا يتغير من عام لآخر الا قليلا .

ونذكر لاعطاء تصور للطاقة العظيمة لثابت الاشعاع الشمسى ، وهو ٢ سعر/سم<sup>٢</sup>/دقيقة ، أن هذا القدر يكفى لتبخير سمك من المياه يحيط بالكرة الأرضية مقداره نحو ٢ر٨ مترا ، كما يمكن لهذا المقدار من الطاقة أن يصهر غطاء من الجليد يحيط بالأرض ويبلغ سمكه حوالى ٢٠ مترا .

والواقع أن ما يصل السنتيمتر المربع من سطح الكرة الأرضية من ثابت الاشعاع الشمسى هو ربع هذا المقدار فقط . ذلك لأن الأرض كروية الشكل ، وبالتالي فإن قسما من سطحها يتعرض للاشعاع الشمسى ، بينما يظل القسم الآخر واقعا فى الظل . ولهذا فإن معدل ما يمكن أن يصل سطح الأرض الكروية من الاشعاع الشمسى - فى حالة عدم وجود الغلاف الجوى - يساوى ربع ثابت الاشعاع الشمسى الذى يصل الى المسطح المستوى الذى سبق افتراضه ، أى أن ثابت الاشعاع الشمسى الذى يمكن أن يصل الى سطح الأرض الكروية - فى حالة غياب الغلاف الجوى - يساوى نصف سعر حرارى



لنسنتمتر لمربع في الدقيقة الواحدة . كما وأن الغلاف الجوى يمتص نسبة كبيرة من هذا الاشعاع قبل وصوله الى سطح الأرض .

### العوامل المؤثرة في مقدار الاشعاع الشمسى :

ينوقف مقدار وقوة الاشعاع الشمسى الذى يصل الى سطح الأرض ، ويؤثر في حرر ، الجو المحيط على عدة عوامل وعمليات يتعرض لها اثناء ختراقه الغلاف الجوى كى يصل الى سطح الارض ، ويمكننا اجمالها فيما يلى :

١ - مقدار ما يمتصه الغلاف الجوى والمواد العالقة به من الاشعاع الشمسى :

#### دور الغازات في الامتصاص :

غاز الأوكسجين وغاء النيتروجين موصلان جيدان لأشعة الشمس ، وهما يكونان أكثر من ٩٩٪ من الغلاف الغازى . ويسمح الغازان بمرور الاشعاع الشمسى خلالهما دون أن يمتصا منه شيئاً .

#### دور غاز الأوزون في الامتصاص :

رغم أنه لا يكون الا نسبة ضئيلة في تركيب الغلاف الجوى ، فانه يمتاز بقابليته العظيمة على امتصاص Absorption الأشعة قصيرة الموجات والتي يقل طولها عن ٣ر٠ مايكرون . وقد سبق ان ذكرنا أن طبقة الأوزون على ارتفاع بين ٣٠ - ٣٥ كم تمتص قسماً كبيراً من أشعة الشمس فوق البنفسجية ، ولا تسمح الا لقسم صغير منها أن يصل الى سطح الأرض . وتبلغ نسبة ما يمتصه الأوزون من جملة الاشعاع الشمسى ٢٪ .

#### دور بخار الماء في امتصاص الاشعاع الشمسى :

يمتص بخار الماء جانباً كبيراً من الأشعة الحرارية غير المرئية ، وهى الأشعة تحت الحمراء ، التى تتراوح أطوال موجاتها بين ٤ - ٥ر٤ مايكرون ويمتص من أشعة الشمس ما بين ٦ - ٨٪ .

#### دور المواد العالقة في الامتصاص :

تمتص المواد العالقة في الغلاف الجوى ، والتى تتمثل في الغبار والدخان حوالى ٢٪ من أشعة الشمس قبل وصولها الى سطح الأرض .

من هذا نرى أن الغلاف الجوى ومكوناته من الغازات والمواد العالقة

يمتص نحو ١٢٪ من مجموع الاشعاع الشمسى الاصلى قبل الوصول الى سطح الأرض .

## ٢ - تبعثر وانتشار الاشعاع الشمسى :

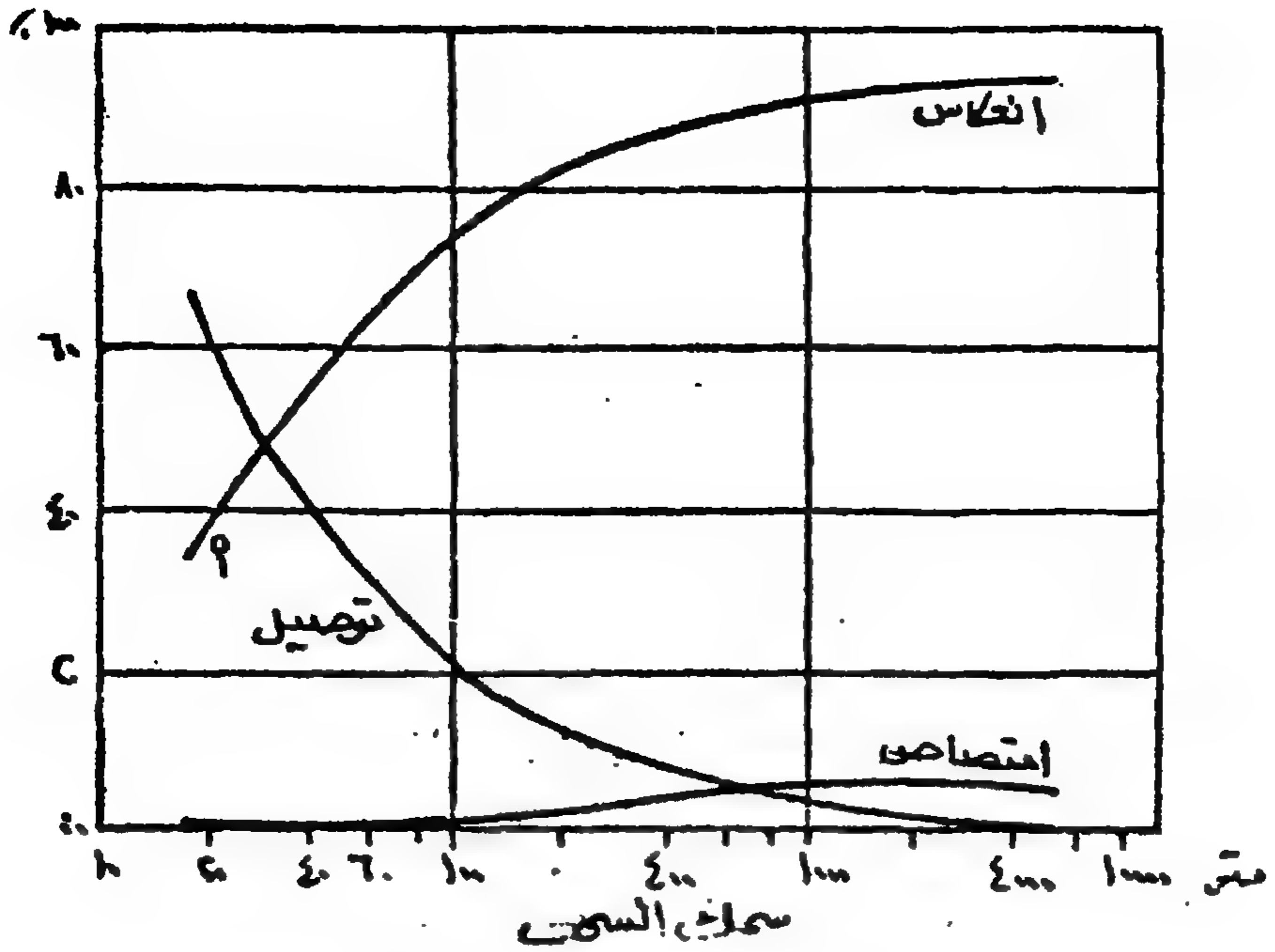
يقوم الغلاف الجوى بمكوناته الغازية ، وبما يحويه من مواد عالقة بكسر الأشعة أثناء مرورها فيه ، وتنتشرها وتبعثرها جزئيات الغازات وذرات بخار الماء والدخان والأتربة والأملاح والغبار . وتمارس المواد العالقة عملها كوسيلة نشر فعالة للأشعة التى تتميز بقصر موجاتها ، خاصة منها الأشعة الزرقاء ، وهى أقصر أشعة الشمس الضوئية . وانتشار Scattering هذه الأشعة هو الذى يكسب السماء لونها الأزرق المعروف . وكلما ازدادت العوالق كلما ازداد لون السماء زرقة صافية ، أما حينما تقل العوالق ، كما يحدث عقب سقوط الأمطار ، فإن زرقة السماء تصبح داكنة ، لأن كثيرا من الشوائب التى تعمل على نثر Diffusion الأشعة الزرقاء تكون قد سقطت مع حبات المطر .

وتبلغ نسبة الأشعة المنتشرة نحو ٩٪ من جملة الاشعاع الشمسى ، لكنها بطبيعة الحال ، تختلف من مكان لآخر ، ومن وقت لآخر ، حسب نسبة تغيم السماء ، ودرجة العرض ، وكمية العوالق بالجو .

## ٣ - انعكاس الاشعاع الشمسى :

تقوم المواد العالقة فى الغلاف الجوى بعكس قسم من الاشعاع الشمسى ، ورده الى الفضاء الخارجى ، لكن دورها فى انعكاس Reflection الاشعاع الشمسى ليس كبيرا . وأهم منها فى هذا المجال السحب ، خاصة منها السحب السميقة المنخفضة ، وأخصها سحب المزن الركامى التى تعكس عند تكاثرها نحو ٩٠٪ من أشعة الشمس ، ولا يصل الأرض سوى القليل منه فى الأيام الغائمة ، علما بأن السحب تعكس الأشعة الشمسية بمختلف أطوالها .

وقد تمكن هايدرو (Hidore 1979 and 1984) من حساب العلاقة بين نسبة التغميم ، ونوع الغيوم ، ومعامل انعكاس الأشعة الشمسية ، ووجد أنه عندما تكون السماء مغطاة تماما بالغيوم من نوع الركام الطبقي فإن معامل انعكاس الأشعة ( أى نسبة الأشعة المنعكسة الى جملة الاشعاع الشمسى الى السطح العلوى للسحب ) يتراوح بين ٥٦٪ - ٨١٪ ، وفى حالة السحاب الطبقي المتوسط الارتفاع ٣٩ - ٥٩٪ بحيث تكون السماء مغطاة به تماما ، أما اذا كان بها فجوات مشرقة فإن النسبة تصبح بين ١٧ - ٣٤٪ ، وفى حالة تغطية السماء تماما بالسحاب الطبقي العالى يصير معامل انعكاس الأشعة ٤٤ -



شكل رقم (٧) العلاقة بين سمك الغيوم ومعامل انعكاس أشعة الشمس.

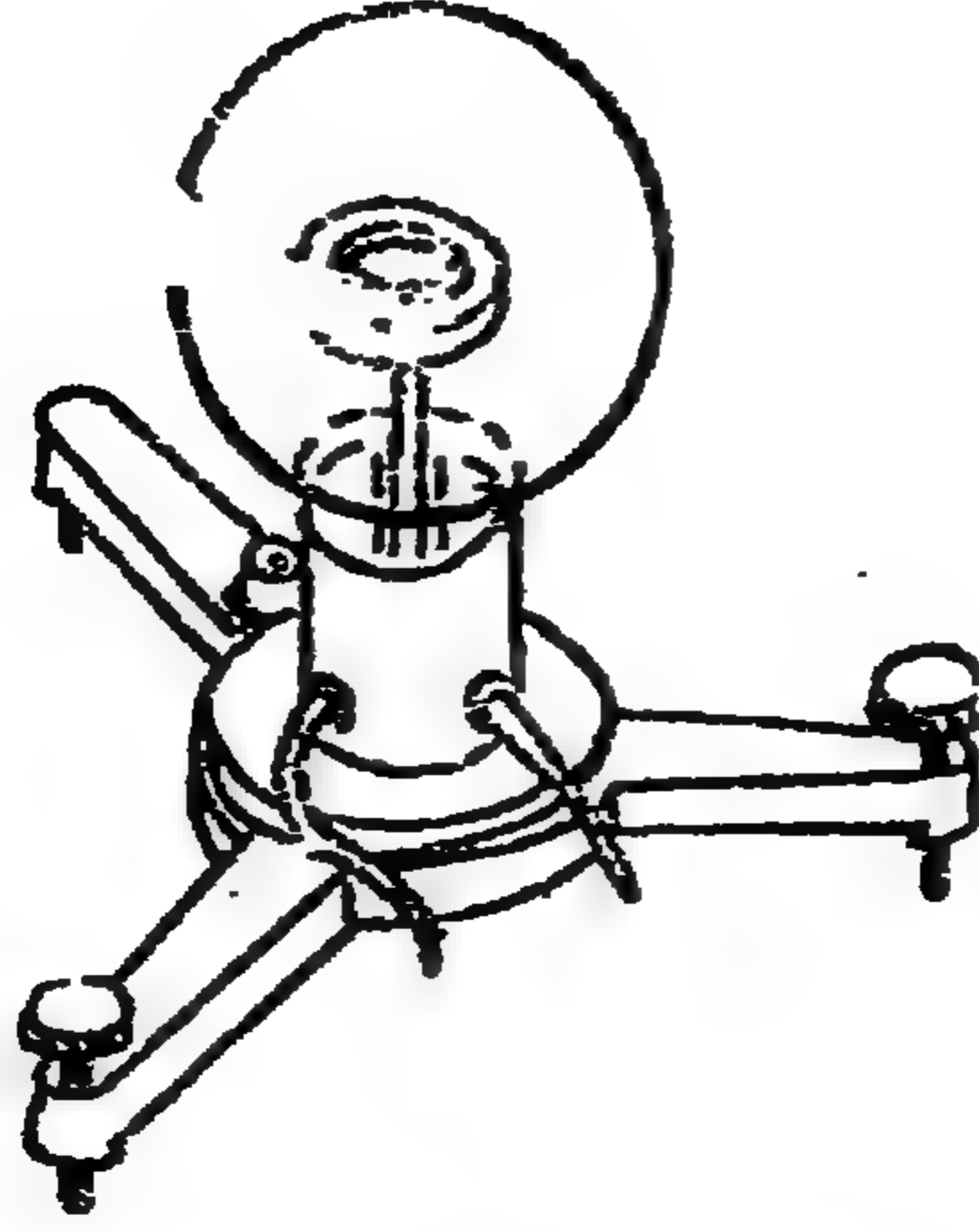
٦٤% . وبصفة عامة يمكن القول بأن معامل انعكاس الاشعاع الشمسي على مستوى العالم هو ٢٤% لأن المعدل العام للتغيم هو ٤٥% تقريباً .

### أجهزة قياس الاشعاع الشمسي

#### جهاز ابلى لقياس الأشعة المباشرة والمنتشرة :

تعرف الاجهزة التى تقيس الاشعاع الشمسي المباشر والمنتشر باسم بايرانوميتر Pyranometers ، وأشهر أنواعها جهاز ابلى Epply . وهويتألف من عمود حرارى Thermopils يتكون من قطعتين من معدن حساس ، لون قطعة أبيض ، والأخرى مطلية باللون الأسود ، والغرض من اختلاف اللون قياس الفرق بين حرارتيهما ، ذلك أنهما يختلفان فى المقدرة على امتصاص الأشعة ، فالقطعة البيضاء تعكس معظم الأشعة ، بينما تمتص السوداء كل الأشعة . ويتحول الفرق بين حرارتيهما الى تيار كهربائى يقيس الأشعة المباشرة والمنتشرة التى يتعرض لها الجهاز . وحينما يقلب الجهاز ويصير وجهه باتجاه سطح الأرض ، فإنه يقيس الاشعاع الشمسي المعكوس ، ويمكن حساب صافي التوازن الاشعاعى للمكان ، فهو يمثل الفرق بين الأشعة التى تصل الجهاز ، وتلك المعكوسة من سطح الأرض .

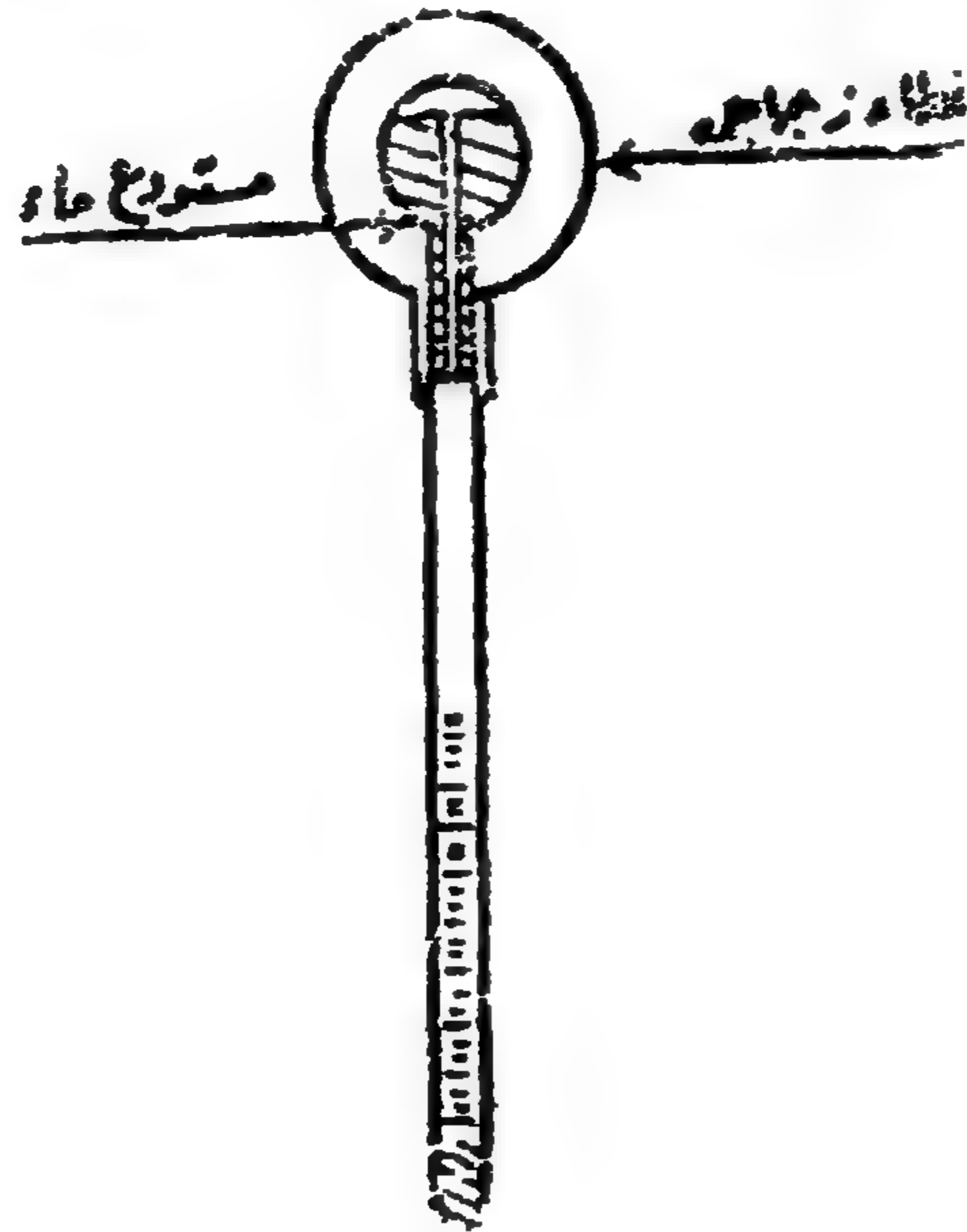




شكل رقم (٨) ابلى بايرانوميتر

جهاز جن وبيلاى لقياس صافى الاشعاع الشمسى :

اشهر أجهزة قياس صافى الاشعة جهاز جن وبيلاى Gunn-Bellani Radiometer وقيس اشعة الشمس التى تصل الأرض بمختلف أطوالها ، وذلك عن طريق قياس طاقة تبخير اشعة الشمس التى تبخر قسما من الماء الموجود فى مستودع خاص بالجهاز . ويتكاثف البخار فى قسم آخر من الجهاز وعن طريق قياس كمية المياه المتكاثفة يوميا يتم تقدير كمية اشعة الشمس

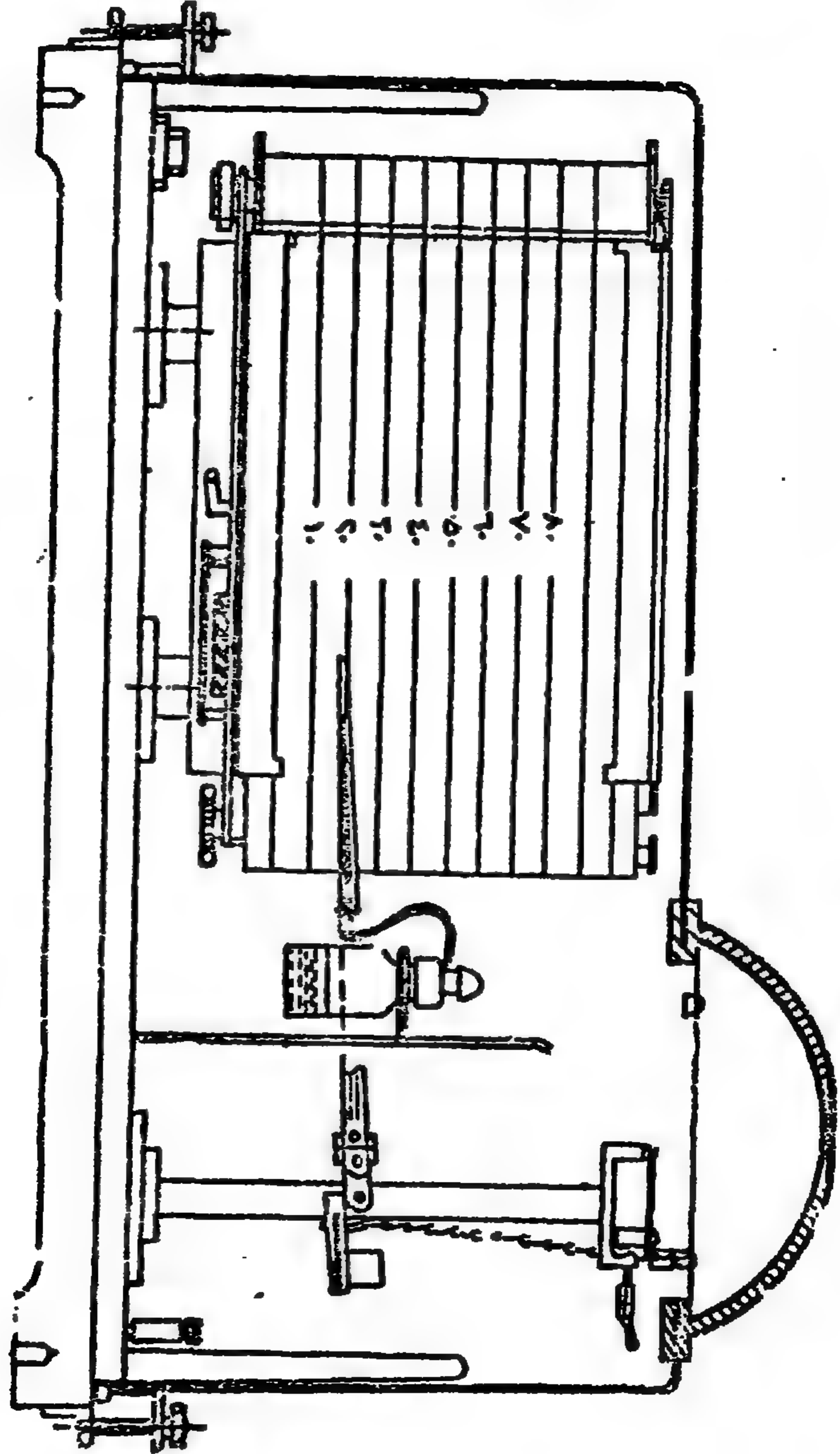


شكل رقم (٩) بيلاى لقياس صافى اشعة الشمس

التي تصل سطح الأرض • وتتم قراءة الجهاز يوميا ، ويقلب رأسا على عقب  
بعد كل قراءة كي يعود الماء الى المستودع •

### جهاز اكتينوجراف لقياس وتسجيل أشعة الشمس :

وجهاز الأكتينوجراف Actinograph يقيس ويسجل أشعة الشمس  
المباشرة والمنتشرة • ويتألف الجهاز من ثلاث قطع معدنية ، أحداها مطلية  
باللون الأسود ، والقطعتان الأخريان باللون الأبيض الناصع • والجهاز



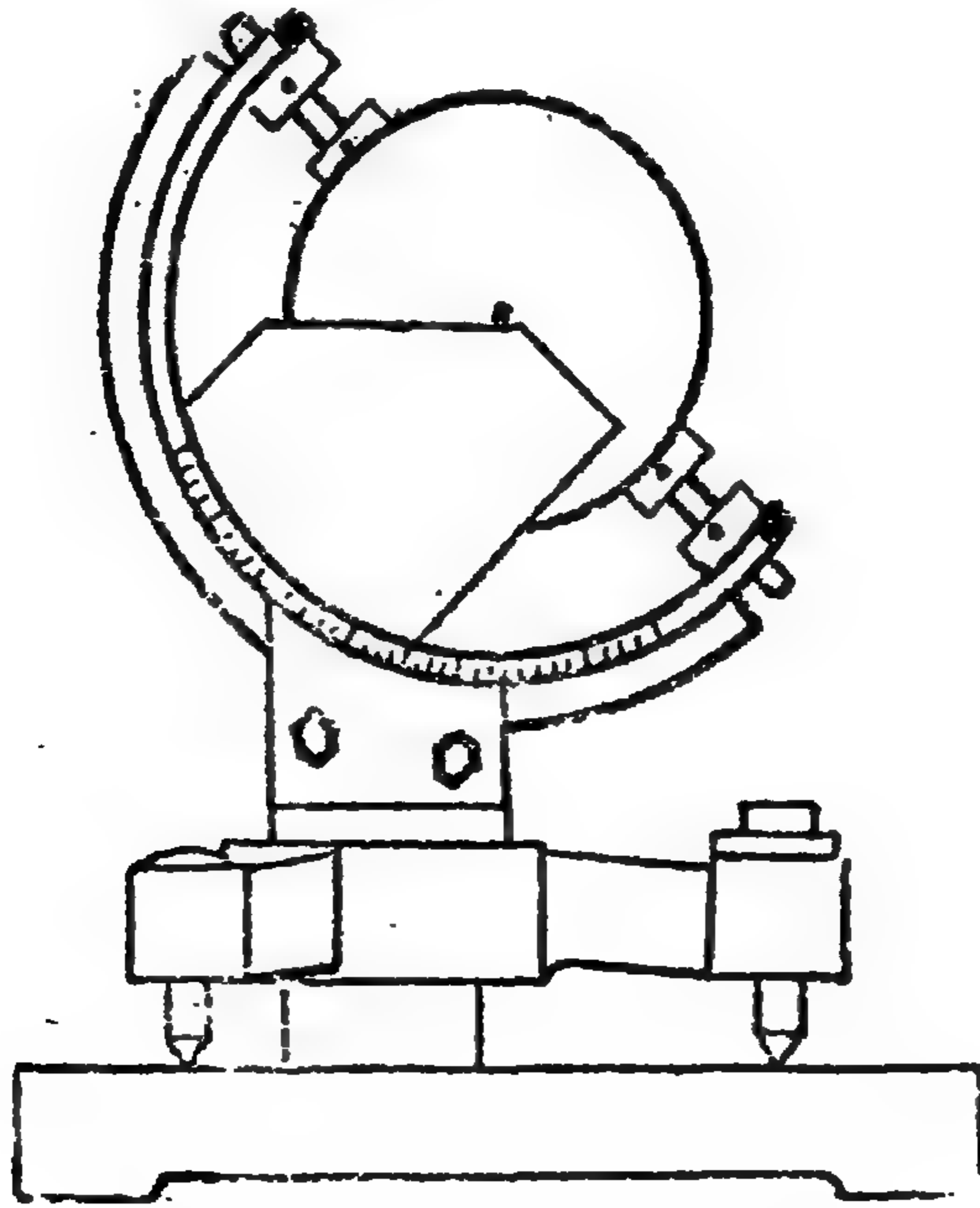
شكل رقم ( ١٠ - ١ )  
اكتينوجراف لقياس وتسجيل أشعة الشمس

موضوع داخل وعاء باللورى يقيه من الأشعة الطويلة أرضية وجوية ومن الرياح والأمطار . ويتصل الجهاز بريشة رسم عن طريق روافع تضخم الفرق في التمدد بين القطعة السوداء والقطعتين الناصعتى البياض . وتقوم الريشة برسم الفروق بعد تحويلها الى ما يقابلها من الاشعاع الشمسى على ورقة رسم بيانى مدرجة تدريجا خاصا .

### جهاز كامبل وستوكس لقياس عدد ساعات سطوع الشمس :

يعتبر جهاز كامبل وستوكس أكثر أجهزة قياس عدد ساعات سطوع الشمس استخداما . وهو يتكون من عدسة بلورية يبلغ قطرها ٩ر٢ سم . وتقوم هذه العدسة بتجميع أشعة الشمس وتركيزها على ورقة خاصة ، بحيث تحرق فيها مسارا يتفق مع مسار الشمس الساطعة . أما اذا حجبت الغيوم أشعة الشمس ، فان الورقة لا تتأثر ، فلا يظهر عليها مسار محترق . وتستخدم لذلك ثلاثة أنواع من الأوراق تناسب فصول السنة . ورقة مستقيمة تناسب فصل الربيع والخريف ، وورقة طويلة ومحدبة تصلح لفصل الصيف ، وورقة قصيرة ومقعرة تناسب فصل الشتاء .

وتستخدم في تقدير الاشعاع الشمسى من معرفة عدد ساعات سطوع الشمس معادلة احصائية تسمى معادلة أنجستروم Angstrom .



شكل رقم ( ١٠ - ب )

جهاز كامبل وستوكس لقياس عدد ساعات سطوع الشمس



## العوامل المؤثرة فيما يمتصه وما يعكسه سطح الأرض من اشعاع :

يمتص سطح الأرض قسما من الاشعاع الشمسى الذى يصله ، ويعكس القسم الباقي . ويختلف مقدار ما تمتصه ، ومقدار ما تعكسه أجزاء سطح الأرض المختلفة على عدة عوامل ، بعضها يختص بنوعية استخدام وأشكال السطح واللوانه ، وبعضها الآخر يتوقف على نوعية التربة ورطوبتها وما ينمو فيها من نبات من حيث نوعيته وكثافته ، ثم أخيرا مقادير زوايا سقوط الاشعاع الشمسى فى مختلف المناطق ، وطول مدة اشراق الشمس أو طول الليل والنهار ، وصفاء الجو ونسبة التغييم . ويمكن القول بصفة عامة أن معامل انعكاس أشعة الشمس من سطح الأرض يقدر بنحو ٨% .

وقد تمكن العلماء من تقدير معامل انعكاس الاشعاع الشمسى من سطح الأرض ومن الغلاف الجوى (غازات ومواد عالقة وبخار ماء وغيوم) معا بنحو ٣٥% ، وذلك عن طريق أجهزة الرصد الحديثة ، التى تحملها الأقمار الصناعية التى تدور على ارتفاعات تقع خارج نطاق الغلاف الجوى . كما استطاعوا عن طريق تلك الأجهزة معرفة التباين الاقليمى فى مقادير انعكاس الاشعاع الشمسى بين مختلف المناطق الحرارية ، استوائية ومدارية ، ومعتدلة وباردة ، وقطبية .

## أولا - أشكال واللوان سطح الأرض :

يؤثر اختلاف تضرس سطح الأرض وامتداد السلاسل الجبلية ، وما يكتنف السطح عموما من ارتفاع وانخفاض واستواء ، على ما يمتصه السطح من اشعاع شمسى ، فلاشك أن معامل انعكاس الأشعة فى المناطق السهلية المنبسطة يفوق معامل الانعكاس من الجبال والهضاب والأراضى الخشنة الوعرة .

وكما يؤثر اختلاف درجة تضرس سطح الأرض فيما يصيبها من اشعاع، فإن لامتداد الجبال اتجاهاتها ، ومواقع المنحدرات وتوجهاتها لها نفس الأثر خاصة فى المناطق المعتدلة والباردة أى فى العروض الوسطى والعليا . ففي المناطق المعتدلة والباردة فى النصف الشمالى من الكرة الأرضية ، تكون السفوح الجنوبية معرضة لأشعة الشمس المباشرة ولمدة أطول منها على المنحدرات الشمالية الواقعة فى الظل ، فلا تصلها إلا أشعة منتشرة أو منكسرة ولمدة أقصر .

ولدرجة انحدار السفوح أهميتها فى مقدار زاوية سقوط الاشعاع الشمسى ، فلقد يكون السطح مقابلا بشكل مباشر لأشعة الشمس بحيث تسقط

عليه عمودية ، ومن ثم يكون تأثيرها كبيرا . ولهذا وذاك فإن الانسان قد اختار مواقع حالاته العمرانية على السفوح الجنوبية للجبال التي تتمتع بقدر كبير من الاشعاع الشمسي ، ومن ثم يطول فصل الانبات الذي خلاله ترتفع حرارة التربة والجو . وهذا ما نجده على السفوح الجنوبية لمرتفعات الألب ، مثل ألب فاليس ، وانجادين ، واقليم تشينو وهو القسم من سويسرا الذي يتكلم ساكنوه اللغة الايطالية .

واذا ما تساوت أو تماثلت الأراضي في أشكال سطحها وطبيعتها تضرسها ، فإن ما تمتصه أو ما تعكسه من اشعاع شمسي يتوقف حينئذ على ألوان أسطحها . فإذا كان لون سطح الأرض فاتحا كالأراضي التي تتركب من صخور نارية حامضية فاتحة اللون أو من صخور جييرية بيضاء ، أو تغطي برمال كوارتزية أو طباشيرية ، فإنها تعكس قسما كبيرا من الاشعاع الشمسي ، ولولا تغطية الصحارى المدارية برمال فاتحة اللون تعكس نحو ٣٠٪ من أشعة الشمس التي تصلها ، لارتفعت حرارتها صيفا بالقدر الذي لا يتحمله الأحياء . أما الأسطح التي تتكون من صخور قاعدية سوداء أو داكنة أو تغطيها فتات تلك الصخور فإنها تمتص كامل الاشعاع الشمسي أو معظمه ، كما وتعكس الأراضي المغطاة بالجليد أشعة الشمس الساقطة على سطحه .

### ثانيا - زاوية سقوط الأشعة الشمسية :

وهنا يظهر أثر الرواسب المكشوفة والأشطح المصقولة والتربة الجافة في كثرة ما تعكسه من أشعة الشمس ، أما الرواسب السطحية المبللة والتربة الرطبة فإنها تمتص من الاشعاع الشمسي الكثير ولا تعكس سوى القليل .

أما إذا كانت الأراضي مغطاة بالنباتات الطبيعية أو المزروعة ، فإن مقدار ما تمتصه أو تعكسه من الاشعاع الشمسي يتوقف على مدى كثافة ذلك الغطاء النباتي أو الزراعي ، وما إذا كانت تشغل الأراضي حشائش ومحاصيل حبوب ، أو تستخدمها أشجار خشبية ومثمرة ، ومدى تقارب الأشجار من بعضها . ولذلك فإن نسبة سطح التربة المعرض للاشعاع الشمسي المباشر يختلف من مكان لآخر تبعا لذلك . أضف إلى ذلك أن مرحلة نمو النبات تؤثر على نسبة تغطيته لسطح الأرض ، فانخفاض نسبة الرطوبة في أوراق المزروعات وهي في طور النضج يجعل معامل انعكاس الأشعة أكبر منه في الحقول ذات المحاصيل المورقة الخضراء الغنية بالرطوبة ، كما أن الخصائص الفسيولوجية لأنواع المحاصيل المختلفة تتدخل في مقدرتها على امتصاص الأشعة وعكسها .

وفي مناطق العمران يختلف مقدار ما تمتصه أو تعكسه أسطح المنازل

سواء في الريف أو في المدن على مادة طلائها ، وكذلك الحال بالنسبة للطرق والملاعب وغيرها من أنماط استخدام الأرض العمرانى .

وفيما يلي أمثلة لأسطح مختارة ومعامل انعكاس الاشعاع الشمسى لكل منها :

ثلج	٥٠ - ٩٥ %	سافنا في فصلى
كتبان رملية	٢٠ - ٤٥ %	الجفاف والرطوبة
تريبات سواء	٥ - ١٥ %	غابات صنوبرية
تريبات فاتحة	١٠ - ٢٠ %	ونفضية
		تنجدر
		محاصيل زراعية
		١٥ - ٢٥ %

### ثالثا - زاوية سقوط الأشعة الشمسية :

يختلف مدى ما يمتصه سطح الأرض من اشعاع ومقدار ما يعكسه منه باختلاف زاوية سقوط الشمس ، فكلما كانت الزاوية قريبة من القائمة كلما قل الانعكاس وعظم الامتصاص ، ولهذا فان الانعكاس يقل والامتصاص يكثر في الجهات الاستوائية والمدارية وفي وسط النهار ، بينما يزداد انعكاس ويقل الامتصاص في المناطق المعتدلة والباردة ، أى بالابتعاد عن دائرة الاستواء والاقتراب من القطبين وكذلك في ساعات الصباح والمساء من النهار . وهناك اختلاف فصلى في مقدار الامتصاص والانعكاس في المناطق المعتدلة والباردة ، تبعا للتباين في زوايا سقوط الاشعاع الشمسى صيفا وشتاء ، بينما يقل الاختلاف الفصلى في المناطق المدارية والاستوائية .

وفيما يلي أمثلة لدوائر العرض ومقدار انعكاس الاشعاع الشمسى حول كل منها :

دائرة الاستواء - ٢٠° شمالا	٨ - ٩ %
٢٠° - ٤٠° شمالا	١٠ %
٤٠° - ٦٠° شمالا	١٢ - ١٤ %
٦٠° - ٧٠° شمالا	٢٤ %
٧٠° - ٨٠° شمالا	٤٦ %
٨٠° - ٩٠° شمالا	٦١ %

ولاشك أن ما يمتصه سطح الأرض من الاشعاع الشمسى العمودى كثير ، لانه أقوى واشد تركيزا من الاشعاع المائل ، وذلك لسببين :

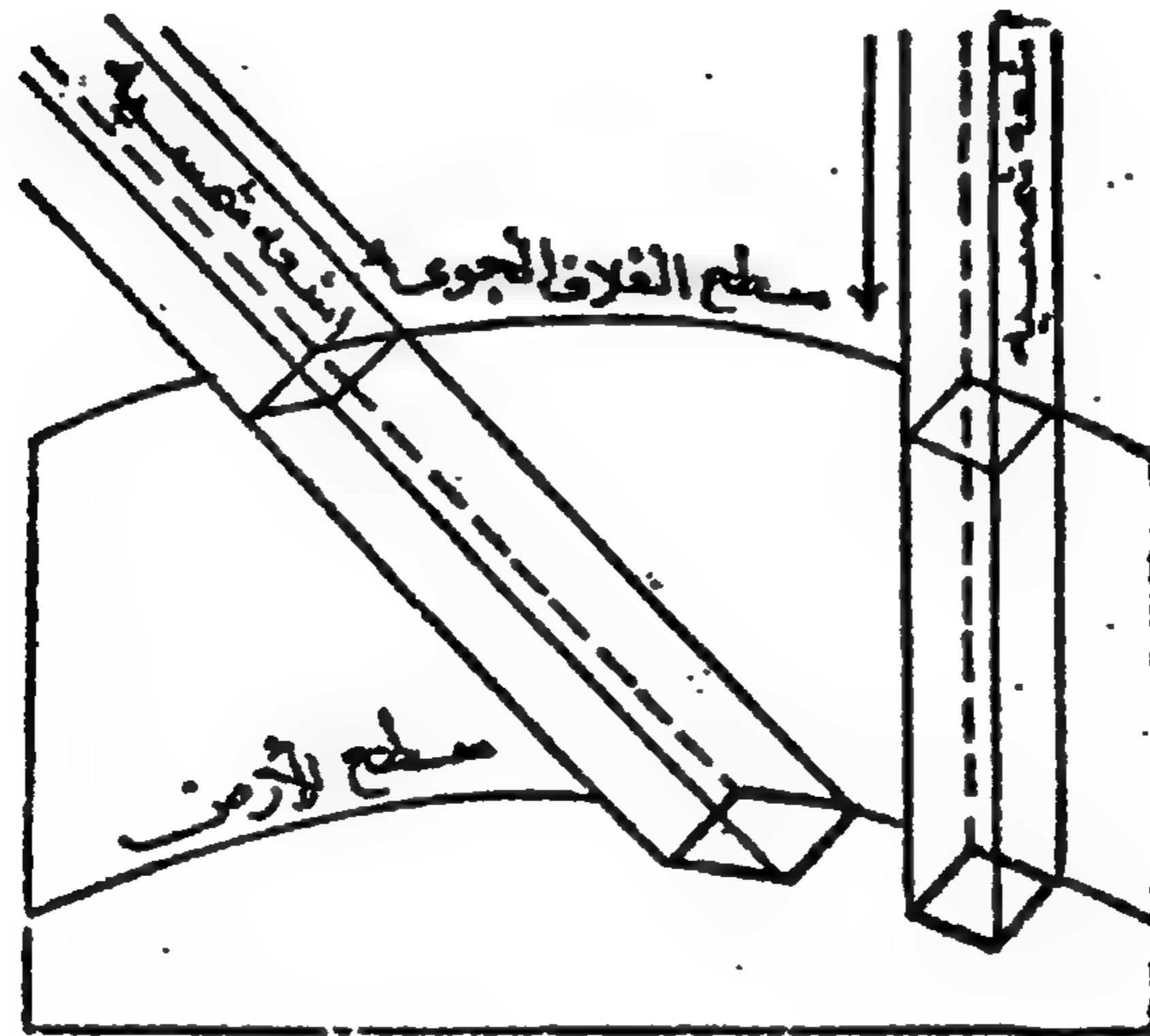
١ - الأشعة العمودية تخترق مسافة أقصر أو سمكا أقل من الغلاف



الغازي ، وهي لهذا أقل عرضة للضياع عن طريق الامتصاص والانعكاس والانتشار بواسطة غازات الجو وبخار الماء والسحب والمواد العالقة .

٢ - تتوزع الأشعة العمودية على مساحة أصغر من سطح الأرض ، فتكون أقوى وأشد تركيزا من الأشعة المائلة التي تنتشر فوق مساحة أكبر من سطح الأرض .

ولهذا يتباين مقدار الإشعاع الشمسي على مختلف دوائر العرض ، وفي مختلف الفصول . وبصفة عامة فإن شدة الإشعاع الشمسي على المناطق المدارية تكون أعظم منها في المناطق المعتدلة والباردة ، لأن الإشعاع يصل النطاق المداري عموديا أو قريبا من العمودي في مختلف فصول السنة .



شكل رقم (١١)

الأشعة الشمسية العمودية (تتوزع على مساحة صغيرة)  
الأشعة الشمسية المائلة (تتوزع على مساحة كبيرة)

رابعا - طول مدة اشراق الشمس :

ونقصد بذلك طول النهار الذي يتغير تبعا للفصول ، وبحسب الموقع بالنسبة لدوائر العرض . وأهمية هذا العامل محدودة بالنسبة للنطاقات الاستوائية والمدارية لأن طول النهار لا يختلف فيها كثيرا بين النصف الصيفي والنصف الشتوي من السنة . وبالابتعاد عن تلك النطاقات شمالا وجنوبا باتجاه القطبين يزداد الفرق بين طول النهار والليل . ويعوض طول النهار صيفا ضعف الإشعاع الشمسي المائل في العروض المعتدلة والباردة ، ولهذا



نجد الحرارة في داخلية القارات صيفا مرتفعة ، بينما تنخفض انخفاضا كبيرا أثناء النهار القصير ذي الأشعة الضعيفة المائلة .

ويعظم المد الحرارى السنوى واليوسمى للاشعاع الشمسى فى العروض المتوسطة والعليا ، بسبب التباين الكبير فى زوايا سقوط الأشعة الشمسية . بينما يكون المدى الاشعاعى السنوى فى العروض الدنيا صغيرا بسبب تعامد الشمسى أو قرب تعامدها عليها معظم أوقات السنة .

وتؤثر زاوية سقوط الشمس على ما تكتسبه الأرض من اشعاع شمسى أثناء النهار سواء كان طويلا أو قصيرا . فللاشعاع الشمسى دورة يومية ، كما أن له دورة فصلية . ففي الصباح تكون أشعة الشمس مائلة ، ثم تأخذ فى الارتفاع التدريجى حتى تبلغ الأوج عند الظهر ، ثم تشرع فى الميل تجاه المساء حتى تغيب أسفل الأفق . وقد تبين أن مسار أشعة الشمس فى الغلاف الجوى عند الشروق وعند الغروب يبلغ ١٢٩ مثلا لمسارها عند الظهر .

#### خامسا : صفاء الغلاف الجوى :

لاشك أن صفاء الغلاف الجوى وخلوه من العوالق يسمح لأكبر كمية من الاشعاع الشمسى للوصول الى سطح الأرض . وتتناقص درجة توصيل الغلاف الجوى للاشعاع الشمسى بالقدر الذى يحتويه الجو من المواد العالقة ولا سيما بخار الماء الذى يمتص قسما كبيرا من الأشعة الحرارية غير المرئية ، وهى الأشعة تحت الحمراء أثناء رحلة الاشعاع الشمسى خلال الهواء الى الأرض . علاوة على تكوينه لغطاء من السحب يعكس جانبا من أشعة الشمس ، ويمتص جانبا آخر تصل نسبته الى ٩٪ . ولهذا فإن أكثر جهات العالم سحبا هى أقلها تمتعا بالاشعاع الشمسى مقارنة بمثيلاتها على نفس العروض . وتتميز المناطق المدارية بتلقى قدر من الاشعاع الشمسى يفوق القدر الذى يصيب الجهات الاستوائية ، وذلك لصفاء سمائها ، وسطوع شمسها ، بينما تكثر الغيوم فى النطاق الاستوائى .

ولا يصل سوى القليل من أشعة الشمس الى المناطق التى تزخر أجواؤها بالدخان ، مثل ما فى المناطق الصناعية الكبرى كإقليم الرور الألمانى ، وإقليم لندن ، وما نشيستر ، وطوكيو ، ونطاق البحيرات العظمى ونيويورك . وفوق تلك المناطق ذات المصانع بعدا عنها المتلاصقة التى تطلق سحبا من الدخان يسبب ما يسمى «الضباب الدخانى» Smog وهو ضباب كثيف يرتبط تكاثفه بظهور حالة انقلاب حرارى يصحبها ركود فى الرياح واستقرار فى الجو ، فيظل رابضا فوق تلك المناطق مدة طويلة ،

فيؤثر في صحة المكان ، ويسبب لهم ضيقا في التنفس ، وقد يذهب ضحيته بعض الناس .



شكل رقم ( ١٢ ) التوزيع الجغرافي للأشعاع الشمسي (كيلوإينلي/سنة)

### توزيع الأشعاع الشمسي على سطح الأرض :

يعتمد التوزيع الجغرافي للأشعاع الشمسي على مواقع المكان بالنسبة لدوائر العرض ، وذلك بحسب اختلاف طول النهار ، ودرجة ميل أشعة الشمس من دائرة عرض لأخرى . ويمكن إيجاز هذا التوزيع على مدار السنة وفقا للمنحنيات البيانية الموضحة بالشكل في النقاط التالية :

١ - المنحنى البياني للأشعاع الشمسي في النطاق الاستوائي يبدو مستقيما باستثناء قمتين ضحلتين تمثلان شدة الأشعاع الشمسي المتواضعة في فصلَي الاعتدال وهما الربيع والخريف ، يقابلها حوضان أو غوران ضحلان أيضا يتفقان مع فصلَي الانقلاب وهما الصيف والشتاء .

ويعزى هذا الاختلاف البسيط في مقدار الأشعاع الشمسي عند دائرة الاستواء على مدار السنة الى ثبات تساوي طول النهار ، فهو يحوم حول ١٢ ساعة بصفة مستمرة ، إضافة الى سقوط الأشعاع الشمسي طوال السنة عموديا أو قريبا من الوضع العمودي على النطاق الاستوائي .

٢ - يزداد التباين في توزيع الأشعاع الشمسي على مدار السنة وضوحا كلما اتجهنا صوب القطبين ، حتى اذا وصلنا الى نقطة القطب الشمالي في الصيف الشمالي ، رأينا الأشعاع الشمسي مستمرا لمدة ستة أشهر ، وبالمثل حين نبلغ نقطة القطب الجنوبي في الصيف الجنوبي ، وجدنا الأشعاع الشمسي مستمرا لفترة ستة أشهر الأخرى من السنة .

٣ - رغم امكانية اشراق الشمس في كلا القطبين بالتناوب ستة أشهر كاملة ، فإن الاشعاع الشمسى يكون ضعيفا لشدة ميله ، ويضيع قسم عظيم منه بالانعكاس على سطح الجليد ، كما يضيع القسم المتبقى في صهر الجليد ، فلا ترتفع حرارة الجو في المنطقتين القطبيتين الا قليلا، ناهيك عن العواصف الثلجية التى تنسف القسم الأعظم من صيف القطبين في كثير من الأحيان .

### الاشعاع الأرضى :

ينطلق الاشعاع الشمسى فى الفضاء بهيئة موجات مختلفة الطول بسرعة الضوء التى تبلغ ٣٠٠ ألف كيلو متر فى الثانية ، ومن ثم فإن أشعة الشمس تصل الى سطح الأرض عقب شروق الشمس بفترة تتراوح بين ٦ - ٨ دقائق حسب بعد الشمس عن الأرض فى مختلف الفصول . وتبعا لقانون ستيفان - بولتزمان Stefan-Boltzman Law يمكن تقدير ما يشعه سطح الشمس من طاقة . وينص القانون على أن الطاقة التى يشعها الجسم الأسود (١) تتناسب طرديا مع القوة الرابعة لدرجة حرارة ذلك الجسم المطلقة (٢) .

ف = ث ح ٤

حيث ان ف هى طاقة الاشعاع لجسم أسود (٣) .

ث تمثل ثابتا يعرف بثابت ستيفان - بولتزمان ويساوى

$$٨١٧ \times ١١٠ \text{ سع/سم}^2/\text{ثانية} .$$

ح تمثل درجة الحرارة المطلقة للسطح المشع .

ويترتب على امتصاص سطح الأرض (بحسبانه جسما) أشعة الشمس أن يسخن، ويصبح بالتالى جسما مشعا . وبحسب قانون ستيفان - بولتزمان

---

(١) الجسم الأسود تعبير فيزيائى للأجسام التى تمتص جميع الاشعاع الشمسى الذى يصل اليه ولا يعكس منه شيئا . ويشبه سطح الشمس بجسم أسود ، و سطح الأرض بجسم رمادى اللون يعكس قسما من أشعة الشمس الذى يصله .

(٢) يستخدم النطاق المطلق لدرجة الحرارة فى المعادلات الخاصة بالغلاف الجوى . وهو يختلف عن النظام المئوى فى أن درجة تجمد الماء هى ٢٧٣° مطلقة ، ودرجة غليان الماء هى ٣٧٣° مطلقة .

(٣) طاقة الاشعاع Emissive Power لى جسم تعرف بأنها «الطاقة التى يشعها السنتيمتر المربع الواحد من سطح ذلك الجسم فى الدقيقة الواحدة» ، أى سعر حرارى/سم مربع/دقيقة وهى تساوى طاقة الامتصاص لذات الجسم .



بعد تعديله ، يتناسب معدل الاشعاع من سطح الارض مع درجة حرارته المطلقة مرفوعة الى القوة الرابعة :

$$ف = ش \times ث \times ح \cdot$$

حيث ان ش تمثل اشعاعية سطح الأرض الذى يمثل فى مميزاته الاشعاعية جسما رماديا ، يختلف عن اشعاعية الجسم الأسود ، واشعاعية سطح الأرض تساوى طاقة امتصاص سطح الأرض ، أى تساوى ١ - معامل انعكاس أشعة الشمس من سطح الأرض . ومادام معدل درجة حرارة سطح الأرض هى ١٥°م ، كما قدمنا ، فان معدل الاشعاع الأرضى يساوى ٥٣ر٠ سعر/سم/دقيقة .

ويقال الاشعاع الأرضى من أشعة حرارية غير مرئية ذات موجات طويلة يتراوح طولها بين ٥ - ٥٠ مايكرون ، لكن معظمها ينحصر بين ٨ - ١٣ مايكرون ، وتبعاً لذلك فهو أطول من موجات الاشعاع الشمسى بنحو ٢٠ مرة . ويتميز الاشعاع الأرضى عن الاشعاع الشمسى بحدوثه طوال اليوم ، نهاراً وليلاً ، بينما يقتصر حدوث الاشعاع الشمسى على النهار من شروق الشمس حتى غروبها . والاشعاع الأرضى أقوى نهاراً منه ليلاً ، لأن درجة حرارة سطح الأرض نهاراً تكون أعلا منها ليلاً . ويرتفع الاشعاع الأرضى بالتدريج عقب شروق الشمس ، ويبلغ الأوج بعد وقت الزوال بقليل ، أى عقب تعامد الشمس على خط طول المكان وهو وقت أذان الظهر ، ثم يأخذ فى النقصان هو والاشعاع الشمسى ، لكن بينما ينتهى الاشعاع تماماً بغروب الشمس ، ويستمر الاشعاع الأرضى ليبلغ أدناه قبيل شروق شمس اليوم التالى .

والاشعاع الأرضى هو المهم فى الدراسات المناخية ، لأنه المصدر المباشر لما يكتسبه الجو المحيط بالأرض من حرارة .

وقد تبين من مختلف الأبحاث وباستخدام قانون ستيفان - بولتزمان أن الأرض تشع مقداراً من الحرارة يفوق ما تمتصه . فسطح الأرض يشع كما سبق وذكرنا ٥٣ر٠ سعر/سم/دقيقة ، رغم أنه يمتص ، كما قدمنا ، بمعدل ٢٥ر٠ سعر/سم/دقيقة . معنى ذلك أن سطح الأرض يزداد برودة يوماً بعد يوم ، وهذا مخالف للواقع : والفضل فى احتفاظ سطح الأرض بحرارة مناسبة يعود للغلاف الجوى الذى لا ينفذ الاشعاع الأرضى كله ، وإنما يمتص قسماً كبيراً يبلغ ٣٣ر٠ سعر/سم/دقيقة ، ويسمح بنفاذ جزء لا يزيد على ٢ر٠ سعر/سم/دقيقة الى الفضاء الخارجى .



ويشبه الدور الذي يقوم به الغلاف الجوى في حفظ قسم كبير من الاشعاع الأرضى ، ومنعه من النفاذ والضياع فى الفضاء ، ما تقوم به الصوب أو الصوبات الزراعية ، التى تسمح لأشعة الشمس القصيرة الموجات بالنفاذ الى داخلها ، ولكنها تمنع خروج الأشعة الأرضية الطويلة الموجات من الخروج ، وتبعاً لذلك ترتفع درجة الحرارة بداخلها ، فتصير مناسبة لنمو ونضج الخضر والفواكه .

ولا شك فى أن قسماً كبيراً مما يمتصه الغلاف الجوى من اشعاع أرضى واشعاع شمسى أيضاً يعود فيشعه تجاه سطح الأرض مرة أخرى . وهذا ما يسمى بالاشعاع الجوى الذى تتباين شدته تبعاً لتباين درجة حرارة الجو ونسبة بخار الماء فيه ودرجة تغيم السماء .

ويأتى بخار الماء وثنائى أكسيد الكربون فى مقدمة محتوى الغلاف الجوى من عوائق وغازات فى القدرة على امتصاص الاشعاع البطويل الموجات . فالأول يمتص الأشعة ذات الموجات فيما بين ٤ - ٥ ر ٤ مايكرون و ١١ - ٣٠ ميكرونا ، بينما الثانى يمتص الأشعة فيما بين ٥ - ١٢ ميكرونا . ولهذا فان كل الاشعاع الأرضى الذى تدخل موجاته ضمن الأصول المشار إليها يمتص بواسطة بخار الماء وثنائى أكسيد الكربون وبعض الغازات . ولا ينفذ من خلال الغلاف الجوى ويصل الى الفضاء الا الاشعاع الأرضى الذى تتراوح أطوال موجاته بين ٨ ر ١١ مايكرون . ويسمى هذا المنفذ فى الطيف الاشعاعى الأرضى **Radiation Spectrum** باسم نافذة الجو **Atmospheric Window** وبواسطة هذه النوافذ الجوية تتمكن الاقمار الصناعية ومراكب الفضاء تصوير سطح الأرض .

وتبلغ طاقة اشعاع بخار الماء التى تزيد نحو سطح الأرض ما بين ٥٠ - ٦٠ ٪ من جملة طاقات الاشعاع التى تصل سطح الأرض من الجو ، يليها طاقة ثنائى أكسيد الكربون بنسبة حول ٢٠ ٪ ، ثم الغازات الأخرى من ٢٠ - ٣٠ ٪ .

وتزداد مقدرة بخار الماء على امتصاص الاشعاع الأرضى ، ومن ثم رده فيما بعد الى الأرض فلا يضيع منه سوى القليل ، حين تعظم نسبته فى الجو ، خصوصاً فى الطبقة السفلى منه القريبة من سطح الأرض . وإلى كثرة بخار الماء فى الجو السفلى بالنطاق الاستوائى والمناطق المدارية الرطبة يعزى صغر المدى الحرارى اليومى الذى لا يزيد على ٨°م ، بينما يبلغ ٣ - ٤ أمثال هذا الفرق فى الجهات الصحراوية الداخلية الجافة .

## الالبيدو الأرضي والميزانية الإشعاعية :

يعرف الالبيدو الأرضي **Earth's Albedo** بأنه قدرة سطح وجو الأرض على عكس ورد الاشعاع الشمسي الى الفضاء ~~وهو يساوي~~ النسبة بين مجموع الطاقة الإشعاعية التي يردّها سطح وجو الأرض الى الفضاء والطاقة الإشعاعية التي تصلهما من الشمس . وقد سبق ذكر مقدرة كل من غازات الجو وما به من بخار ماء ومواد عالقة وسطح الأرض على عكس وامتصاص ثم اشعاع ما امتصه وردّه . وجملة هذه القدرات جميعا يعبر عنها بالالبيدو الأرضي . ومن الواضح أن لكل منها البيدو خاصا بها .

ويرجع التوازن الإشعاعي في جو الأرض على مر العصور وكر السنين الى أن الطاقة التي تكتسبها الأرض وجو الأرض من الاشعاع الشمسي ترد الى الفضاء ثانية في هيئة اشعاعات حرارية . معنى ذلك أن تتساوى كمية الأشعة التي تدخل جو الأرض كل سنة وكمية الأشعة التي تنفذ من خلاله وتتبدد في الفضاء . ولولا ذلك لما قامت حياة على سطح الأرض . فاذا فرض وزاد مقدار الاشعاع الشمسي الذي تكتسبه الأرض وجوها عن المقدار الذي تشعانه الى الفضاء ، أي أن يكون الميزان الإشعاعي موجبا لصالح الأرض وجوها عاما بعد عام ، إذن لتراكمت الطاقة الحرارية وأصبح جو الأرض وسطحها جحيما لا يطاق ، ولا يصلح لأي نوع من الحياة . والعكس صحيح تماما ، فلو حدث وفقدت الأرض من الطاقة الإشعاعية أكثر مما تكسبه منها ، وكانت الميزانية الإشعاعية بالنسبة لها سالبة ، إذن لبرد سطح الأرض وجوها ، ودخل العالم في عصر جليدي .

وعلى هذا النحو يجري التفسير العام لحدوث أعصر الجليد في الماضي الجيولوجي السحيق ، وفي أثناء الزمن الجيولوجي الرابع . فقد كان في نصيب ميزانية الاشعاع خلل لسبب أو لآخر ، أساسه نقص فيما يرد الى الأرض وجوها من اشعاع شمسي ، فيبرد جو الأرض بالتدريج ، ويصير معظم التكاثف والتساقط على هيئة ثلج ، ويتراكم على سطح الأرض في شكل جليد ، وبالتالي يدخل العالم عصرا جليديا ، لا ينتهي الا مع بداية عودة الميزانية الإشعاعية الى التوازن من جديد .

### توزيع الاشعاع الشمسي الذي يدخل جو الأرض :

يتوزع الاشعاع الشمسي الذي يدخل جو الأرض على النحو التالي :

- ١ - يعكس سطح السحب الى الفضاء نحو ٢٤٪ من أشعة الشمس .

٢ - غازات الجو والمواد العالقة به تنتشر نحو ٦٪ من جملة الاشعاع الشمسى .

٣ - تمتص السحب حوالى ٣٪ ، وتمتص غازات الجو خاصة ثانى أكسيد الكربون وبخار الماء حوالى ١٤٪ .

٤ - يصل سطح الأرض ٥٣٪ من أشعة الشمس ، منها ٣١٪ بشكل مباشر ، وحوالى ٢٢٪ فى هيئة أشعة منتشرة . ويعكس سطح الأرض من أشعة الشمس ٦٪ ، ويمتص حوالى ٤٧٪ منها .

**وسائل تخلص سطح الأرض من الاشعاع :**

يرد سطح الأرض ما اكتسبه وامتصه من الاشعاع الشمسى بوسائل متعددة هى :

١- عن طريق الاشعاع الارضى الدائم ليلا ونهارا ، ويقدر بنحو ٢٠٪ من أشعة الشمس .

٢ - عن طريق التبخر ، وتقدر نسبة الفاقد بالتبخر من سطح الأرض بحوالى ٢٢٪ من الاشعاع الشمسى .





## الفصل الرابع

### حرارة الجو

- مصادرها .
- قياس وتسجيل درجات الحرارة .
- كشك الارصاد الجوية .
- أجهزة رصد الحرارة ، وكيفية استعمالها .
- كيفية حساب المتوسطات الحرارية والمدى الحرارى ؛
- المسار السنوى لدرجات الحرارة .
- التوزيع الجغرافى للمدى الحرارى اليومى والسنوى والعوامل المتحكمة فيها .
- الانحراف الحرارى أو الشذوذ الحرارى والعوامل الجغرافية المؤثرة فيه .
- وسائل اكتساب ونشر الحرارة بالغلاف الجوى .
- خطوط الحرارة المتساوية ، مزاياها وعيوبها ، خرائط توزيعها صيفا وشتاء .
- المناطق الحرارية العامة .
- العوامل المؤثرة فى توزيع الحرارة على سطح الأرض .
- التغير الراسى فى درجات الحرارة .
- الانقلاب الحرارى .



## مصدر حرارة الجو :

تعتبر درجة الحرارة أهم عنصر من عناصر المناخ ، نظرا لانها تؤثر على بقية العناصر المناخية من ضغط جوى ورياح وتبخر ورطوبة وتكاثف بمختلف أشكاله . وللحرارة آثار واضحة ومباشرة على حياة الانسان والحيوان والنبات ، وعليها تتوقف تجوية الصخور ميكانيكيا وكيميائيا ، وتكوين قطاع التربة .

وترجع حرارة الجو أصلا ، كما قدمنا ، الى الشمس التى ترسل اشعتها حاملة الضوء والحرارة فى وقت واحد الى الأرض ، وتكون هذه الاشعة عمودية على النطاق الاستوائى ، ومائلة على دوائر العرض الأخرى بدرجات متفاوتة ، ويزداد ميلها كلما اقتربنا من القطبين . وهذا الميل يضعف أثرها الحرارى ، لأنها تخترق طبقة أكثر سمكا من الغلاف الجوى ، كما أنها تنتشر على مساحة أكبر من سطح الأرض .

بالإضافة الى حرارة الشمس ، فإن جوف الأرض الحار يشع الى السطح حرارة تتمثل فى أشعة قاتمة تدعى «الاشعاع الحرارى الجوى» ، لكن تأثير هذا الاشعاع ضعيف جدا بالنسبة للاشعاع الشمسى ، وهو يعطى حرارة ضئيلة ولا يعطى ضوء .

## قياس وتسجيل درجة الحرارة

### كشك الأرصاد الجوية :

هو صندوق خشبى ، يطللى بدهان أبيض اللون ، يوضع فى مكان خال جيد التهوية ، وعادة ما يوضع فوق سطح المبنى ، والصندوق يوفر الظل بطبيعة الحال للأجهزة الموجودة بداخله ، خاصة أجهزة قياس الحرارة التى تقيس حرارة الجو فى الظل ، وبالتالي يحميها من تأثير الاشعاع الشمسى المباشر . ويوضع الكشك مواجهها للشمال ، وعلى ارتفاع يتراوح بين ١.٥ - ٢ متر ، حتى يكون القياس لدرجة حرارة الجو ، وليس السطح الأرض والهواء الملاصق له (شكل رقم ٥ ، صفحة ٧٥) .

## أجهزة رصد الحرارة

موازين الحرارة أو الترمومترات :

تقاس درجة الحرارة عن طريق قياس درجة الحرارة العادية ، وقياس أعلى وأدنى درجة للحرارة .

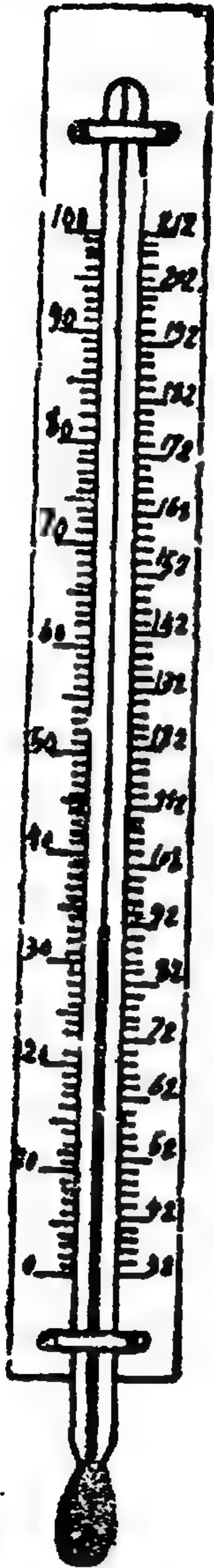
ويتم القياس بواسطة الترمومتر :

وهو عبارة عن أنبوب رفيع من الزجاج مدرج ، في نهايته مستودع مملوء بالزئبق الذي يتمدد وينكمش ، فيتغير بين ارتفاع وانخفاض في الأنبوب ، تبعاً لارتفاع وانخفاض درجة الحرارة .

وهناك أنواع من الترمومترات نذكر منها :

**النوع الأول :** وهو الترمومتر المئوي الذي اخترعه العالم السويدي أندرس سيلسيوس Anders Celsius عام ١٨٤٢ . ودرجاته تبدأ من الصفر ، وهو الدرجة التي عندها الماء يتجمد (درجة التجمد) وينتهي تدرجه عند درجة ١٠٠ ، وهي درجة غليان الماء (درجة الغليان) .

**النوع الثاني :** وهو الترمومتر الفارنهایت ، الذي اخترعه العالم الألماني دانييل فارنهایت D. Fahrenheit . ويبدأ تدرجه بالرقم ٣٢° وهي (درجة التجمد) وينتهي بدرجة ٢١٢ ، وهي درجة غليان الماء .



شكل رقم (١٣)  
ترمومتر مئوي  
وفارنهيته

وكان هذا النظام الفارنهایت يستخدم في المملكة المتحدة ومعظم الأقطار التي تتكلم الانجليزية حتى عام ١٩٦٦ ، حين



تم الاتفاق على تعميم استخدام النظام المئوي في كافة محطات الرصد الدولية .

معنى هذا أن الدرجة المئوية تعادل  $\frac{9}{5}$  درجات فارنهایتية . ويمكن

تحويل الدرجات المئوية الى درجات فارنهایتية على النحو الاتي :

$$^{\circ}\text{م} = \left( \frac{9 \times 5}{5} \right) + 32 = 41^{\circ}\text{ف}$$

كما يمكن تحويل الدرجات الفارنهایتية الى المئوية على النحو التالي :

$$41^{\circ}\text{ف} = \frac{5}{9} \times (32 - 41) = 5^{\circ}\text{م}$$

النوع الثالث وهو ترمومتر مزدوج :

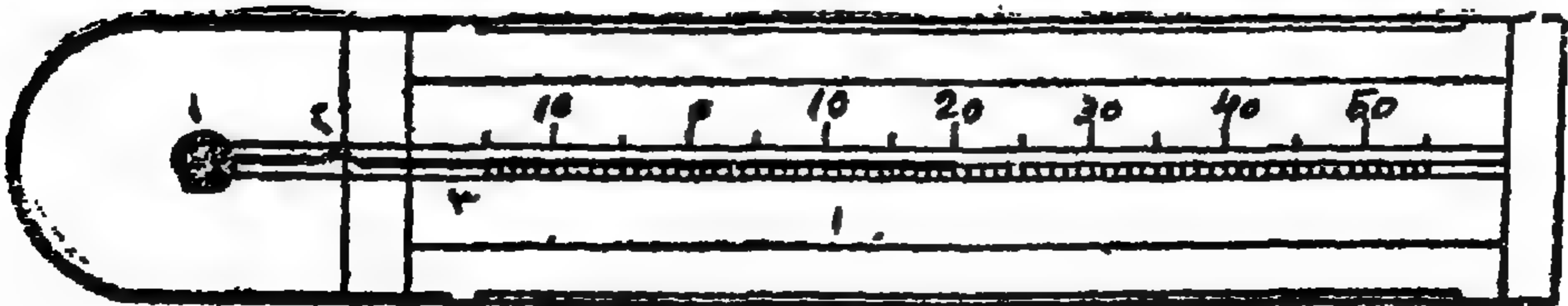
يدرج أحد جانبيه بالدرجات المئوية ، والجانب الآخر بالدرجات الفارنهایتية . وينبغي أن توضع هذه الترمومترات في وضع رأسي دائما كما هو موضح بالشكل .

ترمومترات النهايتين العظمى والصغرى :

وهناك أيضا ترمومترات خاصة بقياس النهايتين العظمى والصغرى لدرجة الحرارة شكل رقم (١٤) .



ترمومتر النهاية الصغرى



ترمومتر النهاية العظمى للحرارة

شكل رقم (١٤) ترمومتر النهاية العظمى للحرارة

ويجب أن توضع ترمومترات النهايتين العظمى والصغرى في وضع أفقى دائماً مع ميل بسيط ، كما في شكل رقم ( ١٤ ) .

### ترمومتر النهاية العظمى :

ويتكون الترمومتر الذى يقيس أعلى درجة للحرارة أثناء اليوم من :

١ - مستودع للزئبق .

٢ - أنبوبة الزئبق يسمح بتمدد الزئبق فى الأنبوبة فى حالة ارتفاع درجة الحرارة ، ولا يسمح بعودة الزئبق مرة ثانية الى المستودع فى حالة انخفاض درجة الحرارة ، كما يمكن الراصد من قراءة درجة الحرارة العظمى فى أى وقت يشاء .

### ترمومتر النهاية الصغرى :

أما الترمومتر الذى يقيس أدنى درجة للحرارة أثناء اليوم فإنه يختلف عن الترمومتر السابق حيث أنه :

١ - يستعمل الكحول الملون بدلا من الزئبق .

٢ - به مؤشر لا يتأثر بتمدد الكحول عند ارتفاع الحرارة ، ولكنه يتراجع الى الخلف عند انخفاضها مع الكحول ، ليشير الى أدنى درجة وصلت اليها درجة الحرارة . وإذا ارتفعت درجة الحرارة مرة أخرى فإن الكحول يتمدد فى الأنبوبة ، ولكنه يترك المؤشر فى موضعه دون أن يتحرك .

### الثيرموجراف :

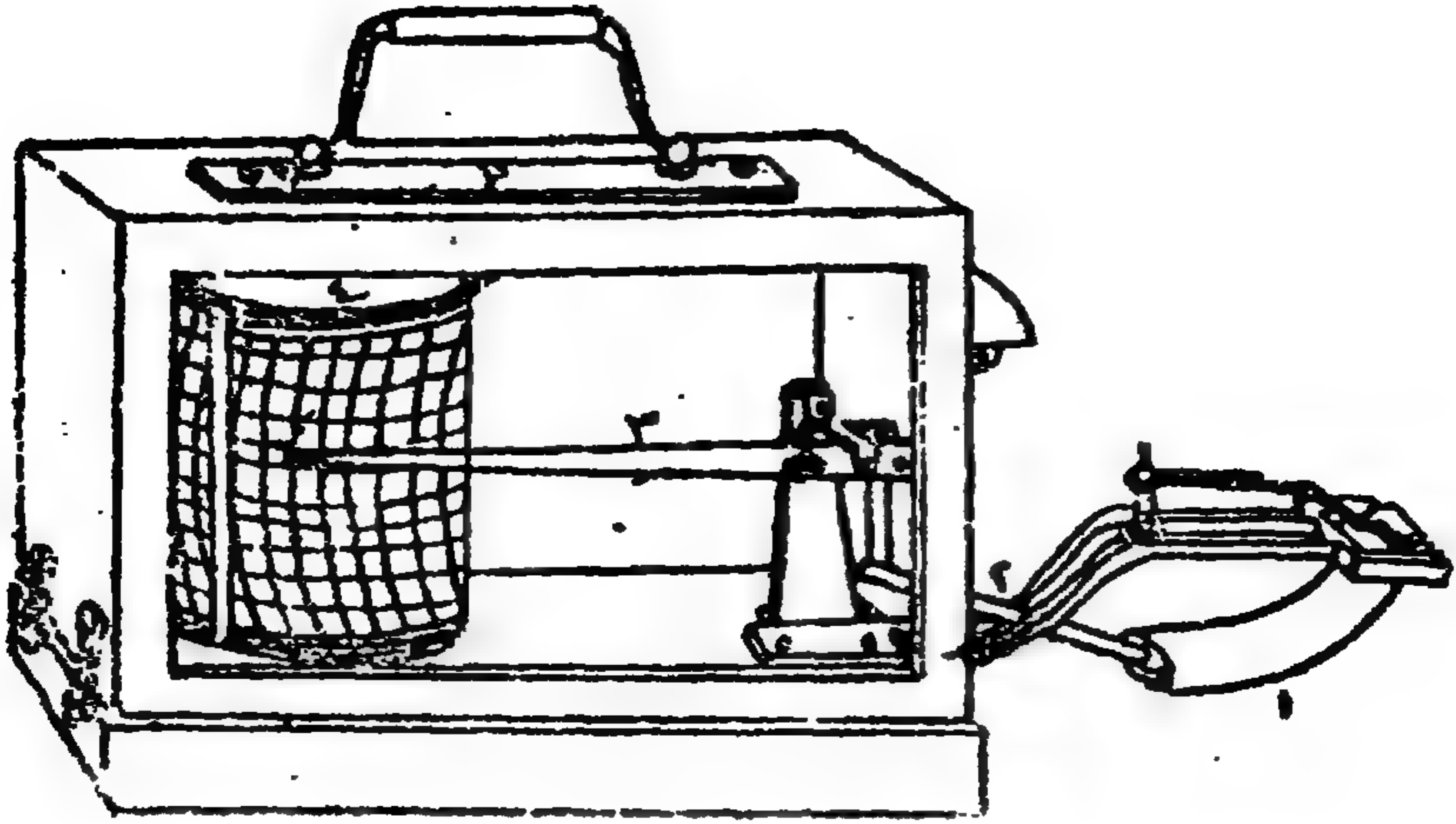
يتم تسجيل درجات الحرارة بواسطة جهاز الثيرموجراف Thermograph وهو يسجل درجات الحرارة لفترة من الزمن تبلغ عادة أسبوعاً ، ويتكون كما فى شكل رقم ( ١٥ ) من :

١ - قطعة معدنية تتأثر بدرجة الحرارة من حيث تمددها وانكماشها تبعاً لارتفاع وانخفاض درجة الحرارة .

٢ - رافعة تنقل الحركة السابقة الى ذراع متصل بها .

٣ - ذراع يتحرك عن طريق الرافعة الى أعلى أو الى أسفل تبعاً لتمدد وانكماش القطعة المعدنية ، وبنهاية الذراع ريشة تتلأ بالحبر .

٤ - أسطوانة تدور حول نفسها بواسطة ساعة بداخلها مرة فى الأسبوع ، ويلف حول هذه الأسطوانة ورقة رسم خاصة ترسم عليها الريشة التى ينتهى بها الذراع خطاً بيانياً يبين سير درجة الحرارة خلال الأسبوع .



شكل رقم (١٥) جهاز الترموجراف (مسجل الحرارة)

وينبغي أن نشير الى أن أهم مزايا الترموجراف ، أنه يقيس درجة الحرارة في كل لحظة من اليوم ، ويسجلها على ورق رسم بياني خاص لتوضيح المسار اليومي لحظة بلحظة لدرجة الحرارة أثناء اليوم ولمدة سبعة أيام متتالية . وهو بذلك يتلافى عيوب الترمومترات الانفة الذكر التي لا تعطى سوى قراءة واحدة لدرجة الحرارة عند النظر اليها . ويعطى ميزة التعرف على ما طرأ على الحرارة من تقلبات أثناء أيام الأسبوع كله .

### كيفية قراءة الترمومترات

#### ١ - قراءة الترمومتر العادي :

في الساعة الثامنة من صباح كل يوم يقرأ الرقم المجاور لنهاية عمود الزئبق ، ويدون في جدول خاص بذلك كما في الشكل رقم (١٧) . ويجب أن تكون القراءة دقيقة بحيث تعين نهاية عمود الزئبق بالدرجة الصحيحة وأجزاء الدرجة .

#### ٢ - قراءة ترمومتر النهاية العظمى :

تقرأ كل يوم درجة الحرارة التي تعينها نهاية عمود الزئبق في أنبوبة ، وتدون في الجدول الخاص بها شكل رقم (١٧ - أ) . ثم بعد ذلك يعد الترمومتر للاستعمال بتحريكه بشدة كما في شكل رقم (١٧ - ب) حتى يتم رجوع الزئبق الى مستودعه عن طريق القوة .

#### ٣ - قراءة ترمومتر النهاية الصغرى :

في الوقت الذي يقرأ فيه الترمومتر السابق يجب أن يقرأ ترمومتر

100

واللهي في

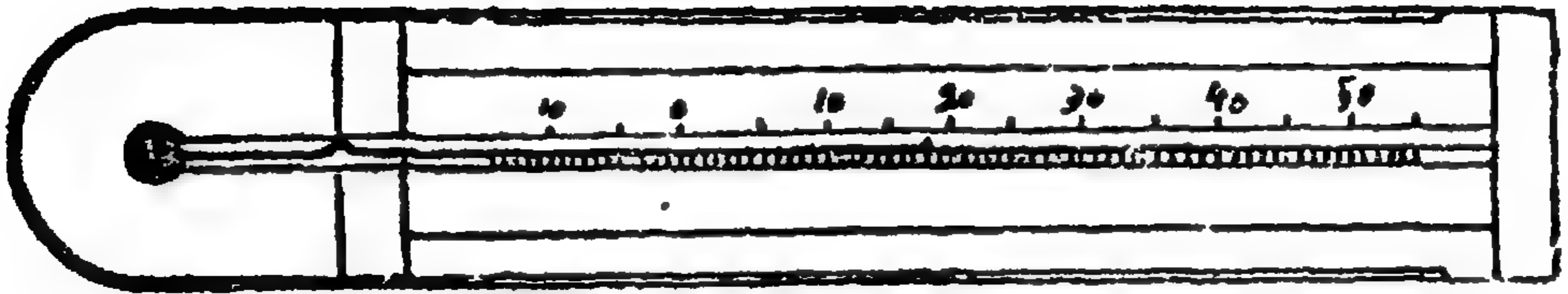
[illegible]

شكل رقم (١٦) جدول لتسجيل قراءات عنامر المناخ





١- ترمومتر النهاية العظمى يبين درجة حرارة ٢٠ م



د- ترمومتر النهاية العظمى وقد عادت نهاية عمود الزئبق بسبب تحريكه إلى ١٨ م

شكل رقم (١٧) طريقة قراءة ترمومتر النهاية العظمى للحرارة

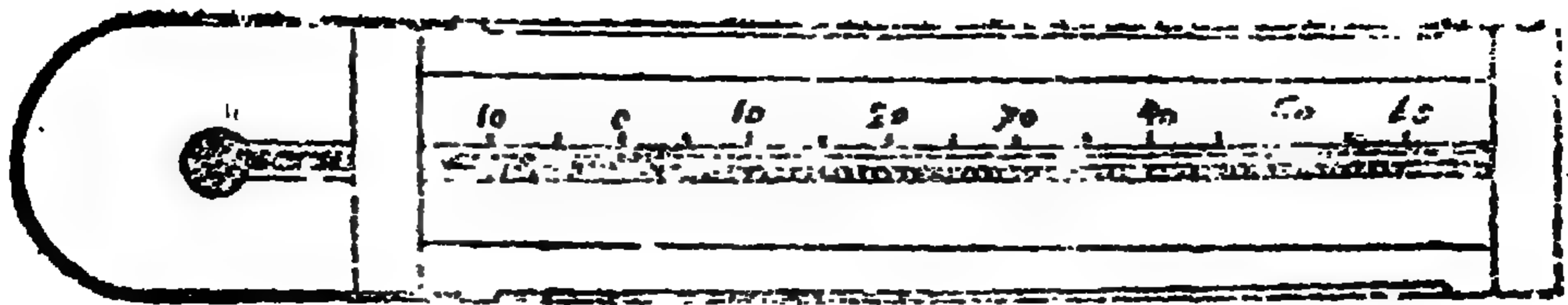
النهاية الصغرى ، ويشير الى النهاية الصغرى طرف المؤشر البعيد عن مستودع الكحول شكل رقم (١٨ - ١) . وبعد ذلك يعد للقراءة مرة ثانية عن طريق رفع طرف مستودعه الى أعلى حتى تتساوى نهاية المؤشر مع نهاية الكحول من جديد شكل رقم (١٨ - ب) .

اعداد الترموجراف للاستعمال وطريقة قراءته

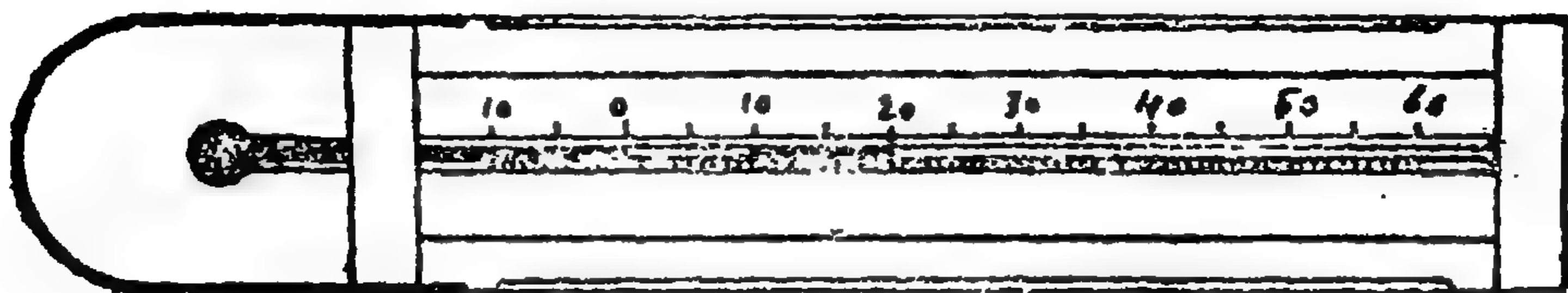
تتبع الخطوات الآتية لاعداد الترموجراف :

١ - في الساعة الثامنة صباح يوم الاثنين من كل أسبوع ترفع الورقة البيانية التي حول الأسطوانة ، ويوضع بدلا منها ورقة جديدة يمسك طرفاها بواسطة ماسك معدنى ، وتضبط الريشة على يمين الماسك المعدنى وعلى بداية الورقة التي يكتب عليها تاريخ بداية الأسبوع .

٢ - بعد مرور أسبوع تدور الأسطوانة دورة كاملة حول نفسها ، فيظهر لك أن سن الريشة على يسار الماسك المعدنى ، وعلى ذلك يكون سن الريشة قد رسم على الورقة خطا بيانيا أثناء الأسبوع .



١ - ترمومتر النهاية الصغرى وقد وصلت نهاية الكحول ومعها المؤشر الى ١٢°م بسبب انخفاض درجة الحرارة

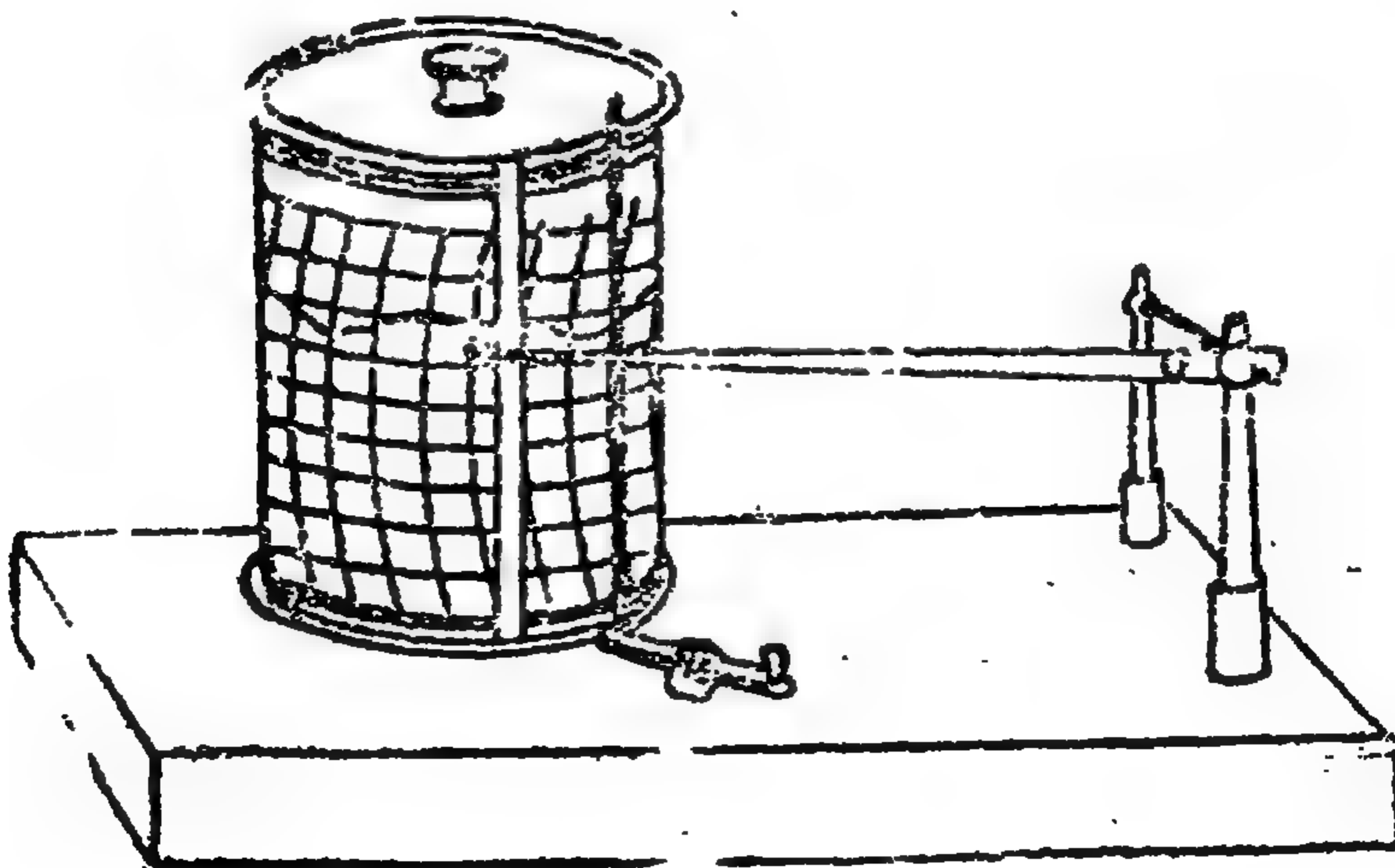


ب - ترمومتر النهاية الصغرى وقد تحرك عمود الكحول من جديد درجة ٢٠ وترك المؤشر عند درجة ١٠ وهى اقل درجة وصل اليها

شكل رقم (١٨)

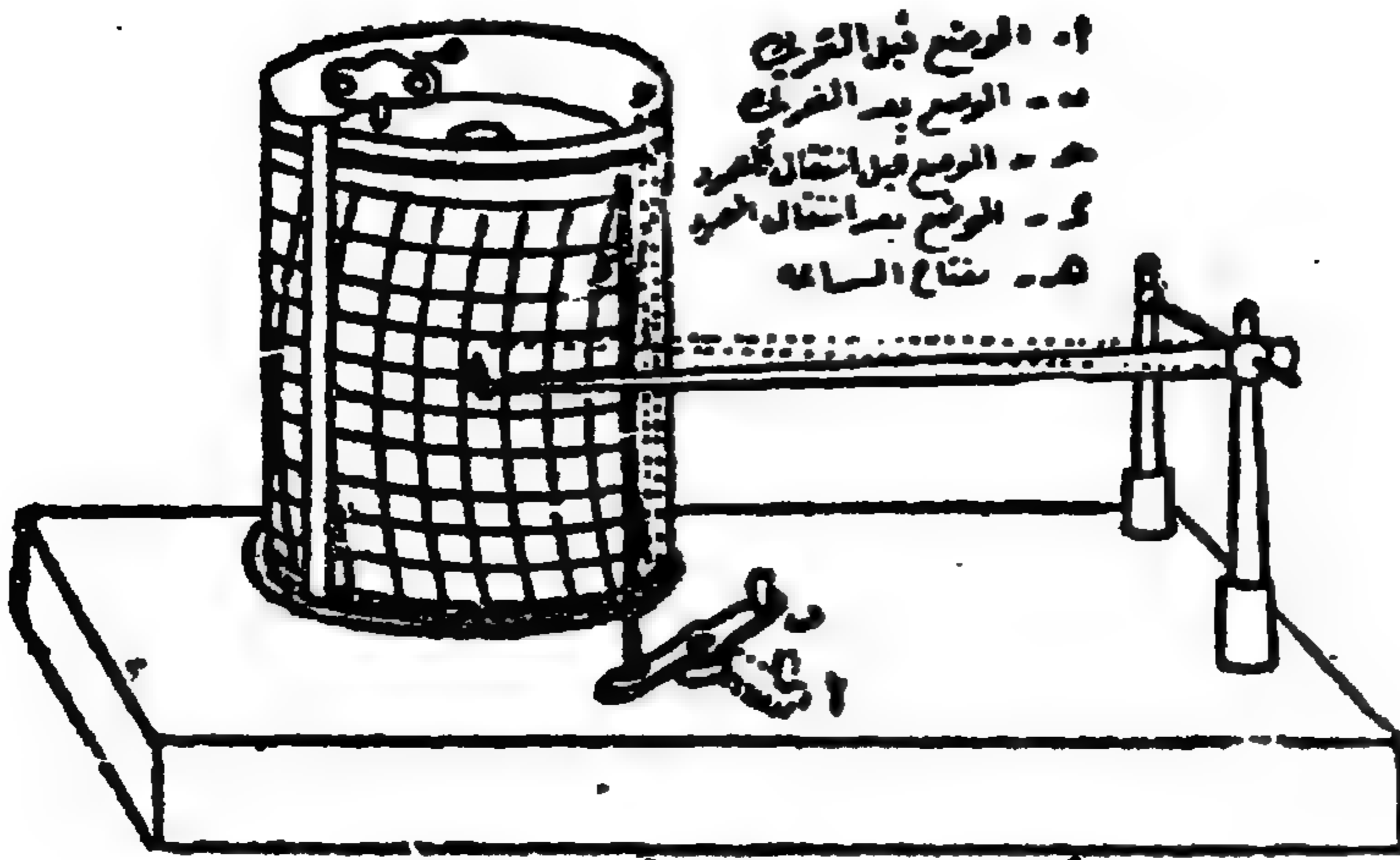
طريقة قراءة ترمومتر النهاية الصغرى للحرارة

٣ - يلزم لتغيير الورقة رفع الغطاء الزجاجى فيظهر الترموجراف كما فى الشكل (١٩) .



شكل رقم (١٩) الترموجراف بعد رفع غطاءه الخارجى

٤ - يبعد الذراع والريشة عن الأسطوانة ، وعندئذ يمكن إدارة الأسطوانة باليد دون أن تمسها الريشة ، ثم ينزع غطاء الأسطوانة فيبدو من تحته مفتاح الساعة ، فتدار حتى تمتلئ كما في شكل (٢٠) .



شكل رقم (٢٠)

الثرموجراف وقد أبعاد الذراع عن الأسطوانة ورفع غطاء الأسطوانة

٥ - يرفع الماسك المعدني الى أعلا لتخليصه من حافة الأسطوانة ، فتنفصل الورقة كما في شكل رقم (٢١) ثم يكتب عليها تاريخ اليوم الأخير من الأسبوع المسجل أرصاده في الورقة .

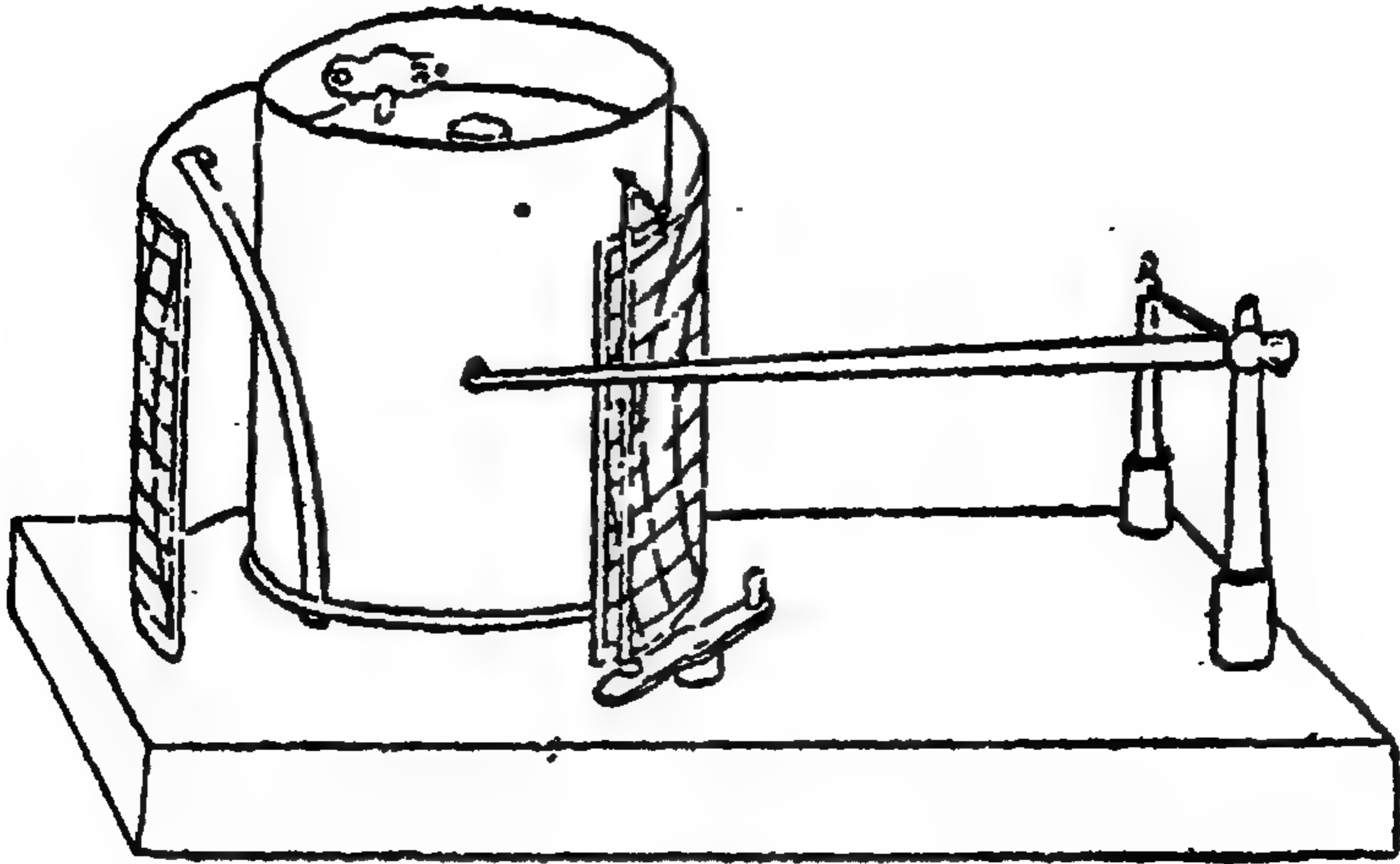
٦ - تتركب ورقة جديدة وتثبت على الأسطوانة ، ويعاد الماسك المعدني عليها ، ثم يركب غطاء الأسطوانة ، وبذلك يعود الجهاز الى وضعه السابق ، ويغطى بغطائه الخارجي . ثم يوضع الجهاز في موضعه الخاص في كشك الأرصاد .

بعد الانتهاء من الخطوات السابقة تفرد الورقة البيانية كما هو موضح في الشكل رقم (٢٢) .

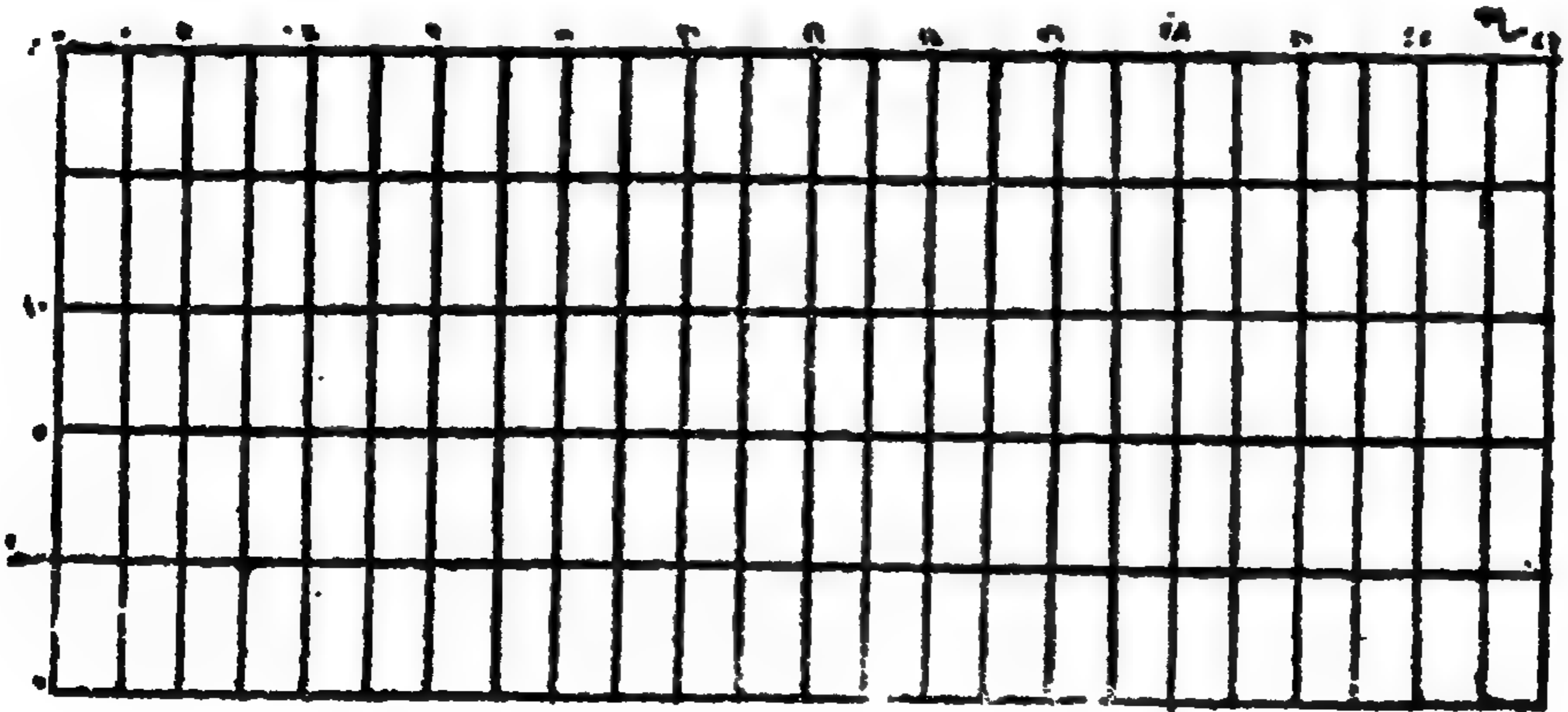
وتقرأ التغيرات الحرارية أثناء الدورة التي مرت بها درجة الحرارة أثناء الأسبوع ، ويبين الوقت الذي تبلغ فيه درجة الحرارة أقصاها ، والوقت الذي تبلغ فيه الحرارة أدناها .

**كيفية حساب المتوسطات لدرجة الحرارة :**

من قراءة الترمومترات السابقة وقراءة الورقة البيانية لجهاز الثرموجراف



شكل رقم (٢١)  
الثرموجراف وقد انحنى الماسك المعدنى الى الخارج  
وانفصل طرفا الورقة



شكل رقم (٢٢) ورقة بيانية للثرموجراف

يمكن معرفة درجة الحرارة فى أى مكان فى ساعات اليوم المختلفة (الساعة ٨ صباحا و ٢ بعد الظهر ، ٨ مساء ) ، ومن هذه القراءات يستخرج المتوسط الكيومي للحرارة ، ومنها يمكن معرفة المتوسط الشهرى ومن المتوسطات الشهرية يمكن معرفة المتوسط السنوى للحرارة ، وبذلك يمكن الحكم على مناخ الاقليم اذا كان حارا او معتدلا او باردا .



## المتوسط اليومي للحرارة :

ويمكن حساب المتوسط اليومي عن طريق أخذ أعلى درجة للحرارة والتي تحدث عادة في الساعة الثانية بعد الظهر ، وأدنى درجة للحرارة وتحدث حوالي الساعة الرابعة صباحا ، ثم نجمعهما ونقسم حاصل الجمع على ٢ .

$$\text{المتوسط اليومي} = \frac{\text{درجة الحرارة العظمى} + \text{درجة الحرارة الصغرى}}{2}$$

وقد يحسب المتوسط اليومي من قياس درجة الحرارة في كل ساعة من اليوم ، واستخراج المتوسط الحسابي لها . ولا يتبع هذا الأسلوب الا نادرا . فالفرق بين الأسلوبين لحساب المتوسط اليومي ضئيل ، مما يبرر استخدام الأسلوب الأول لسهولة .

## المتوسط الشهري :

ويمكن أن نحسب المتوسط الشهري على أساس جمع المتوسطات اليومية خلال الشهر ، ثم نقسمها على عدد أيام هذا الشهر ، أي أن المتوسط الشهري يمثل الوسط الحسابي للمتوسطات الحرارية اليومية ورغم أن المتوسط الشهري للحرارة شائع الاستعمال ، فإنه وحده مفضل أحيانا ، لأن التوزيعات التكرارية للمتوسطات الشهرية للحرارة ليست عادية أو معتدلة Normal بل هناك من الأدلة ما يشهد بأنها عشوائية Random . ولهذا قد يفضل استخدام مدد قصيرة في حساب المتوسط الشهري للحرارة .

## المتوسط السنوي لدرجات الحرارة :

يحسب المتوسط السنوي للحرارة عن طريقين :

الأول : جمع المتوسطات اليومية لدرجات الحرارة لجميع أيام السنة ، ثم قسمة الناتج على عدد أيام السنة .

والثاني : قسمة مجموع المتوسطات الشهرية لدرجات الحرارة على عدد أشهر السنة .

## المتوسط الأسبوعي لدرجات الحرارة :

إذا كان القصد معرفة التقلبات الحرارية العامة والدورة السنوية لدرجات الحرارة الناتجة عن الدورة السنوية للاشعاع الشمسي ، فإن المتوسطات الحرارية الشهرية والسنوية تكون كافية . أما إذا كان الغرض هو تحليل التغيرات الحرارية القصيرة الأمد ، فإن استخدام المتوسطات

الشهرية يخفى ملامح التقلبات الأسبوعية ولا يبرز إلا الدورة الشهرية ثم الدورة السنوية. أما المتوسطات اليومية فإنها تظهر التغيرات التي تتم خلال اليوم الواحد ، وبعضها أو جلها قد يكون غير مهم .

ولهذا يفضل استخدام متوسط أسبوعي ، يجمع بين ميزات المتوسطات اليومية قصيرة الامد والمتوسطات الشهرية . كما أنه يتميز بأن التوزيع التكراري له أقرب الى التوزيع العادي المعتدل .

### المتوسط الشهري لدرجات الحرارة العظمى والصغرى :

يستخرج المتوسط الشهري لدرجات الحرارة العظمى بقسمة مجموع تسجيلات الحرارة العظمى أثناء الشهر على عدد أيام الشهر . وبالمثل فإن المتوسط الشهري لدرجات الحرارة الدنيا أو الصغرى يمثل الوسط الحسابي لدرجات الحرارة اليومية الصغرى .

ويعيب المتوسطات الشهرية لدرجات الحرارة العظمى والصغرى أنها تمثل الوسط الحسابي لمجتمع احصائي غير متجانس ، مما يجعل استخدامها مضللا أحيانا . ذلك أن درجات الحرارة العظمى والدنيا لا تحدث عادة في نفس الوقت من كل يوم من أيام الشهر ، ولهذا يفضل الاعتماد على التوزيع التكراري لدرجات الحرارة العظمى والصغرى ، وحساب عدد المرات التي تكون درجات الحرارة فيها ضمن حدود معلومة ، بدلا من استخدام المتوسطات الشهرية .

### كيفية حساب المدى الحراري :

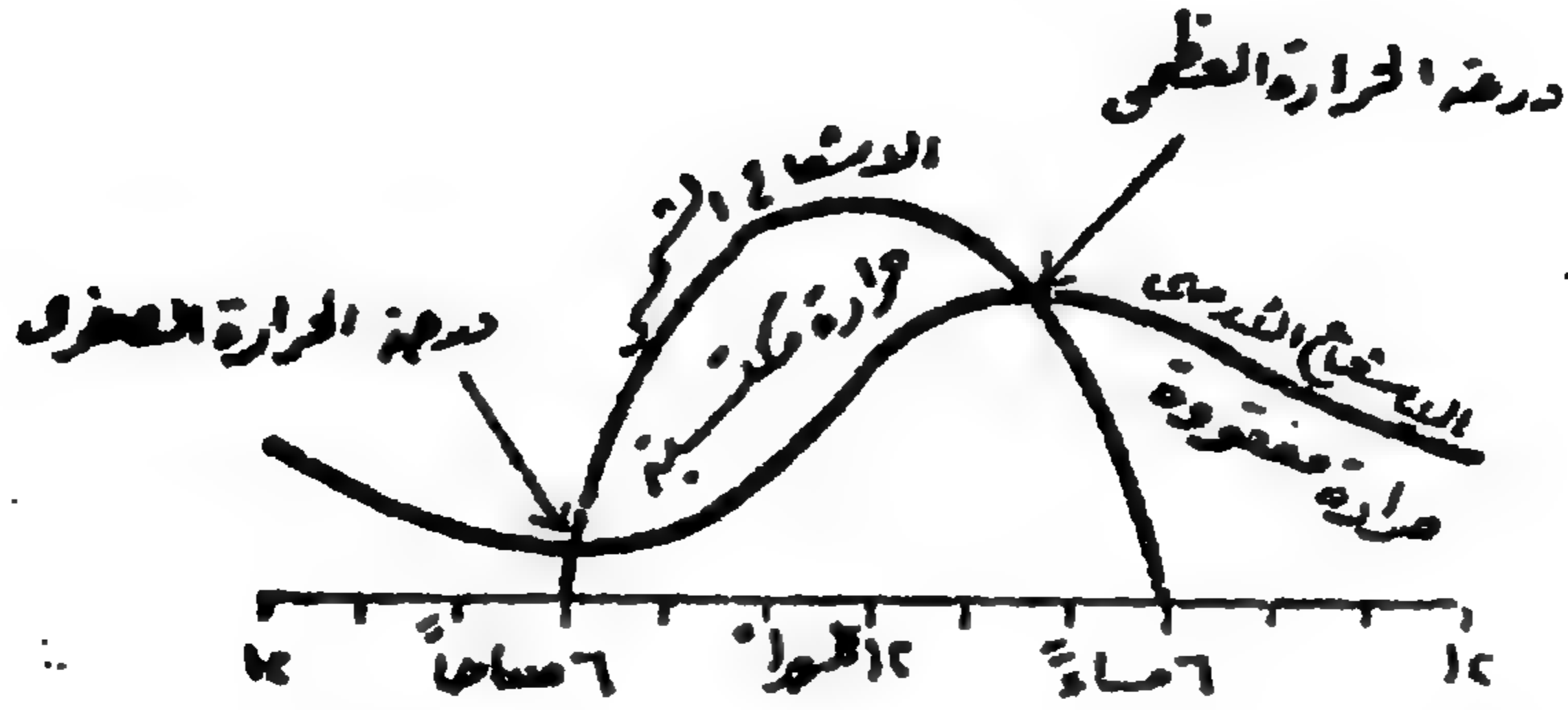
يعرف المدى الحراري بأنه الفرق بين أعلى وأدنى درجة للحرارة أثناء يوم أو أسبوع أو شهر أو سنة . وقياس المدى الحراري مهم للغاية ، لأنه يفيد في تحديد كل من المناخ القاري والمناخ البحري ، ولما له من تأثير بين في الحياة البشرية والحيوانية والنباتية وقد رأينا أن المتوسطات الحرارية لا تعطي صورة صحيحة . فقد يكون المتوسط الحراري السنوي  $20^{\circ}\text{م}$  لمكان تتراوح فيه درجات الحرارة بين  $14^{\circ}\text{م}$  في الشتاء ، و  $26^{\circ}\text{م}$  في الصيف ، أو لبلد فيه درجات الحرارة بين  $7^{\circ}\text{م}$  شتاء ، و  $33^{\circ}\text{م}$  صيفا .

### المدى الحراري اليومي :

يحسب عادة بإيجاد الفرق بين أعلى وأدنى درجة للحرارة ، يسجلها ترمومتر النهاية العظمى وترمومتر النهاية الصغرى في كل يوم .

## المدى الحرارى السنوى :

يحسب بايجاد الفرق بين متوسط درجات حرارة أقل الشهور حرارة ، ومتوسط درجات حرارة أعلى الشهور حرارة . وهو يوضح المدى الحرارى الفصلى . فاذا اتسم الفرق الحرارى بالكبر بين الشتاء والصيف فى مكان ما ، دل ذلك على أن مناخه قارى ، أما اذا كان المدى الحرارى صغيرا بين الشتاء والصيف ، فإن المكان ينعم حينئذ بمناخ بحرى معتدل .



شكل رقم (٢٣) المسار اليومى للاشعاع الشمسى والاشعاع الأرضى

## المسار اليومى لدرجات الحرارة :

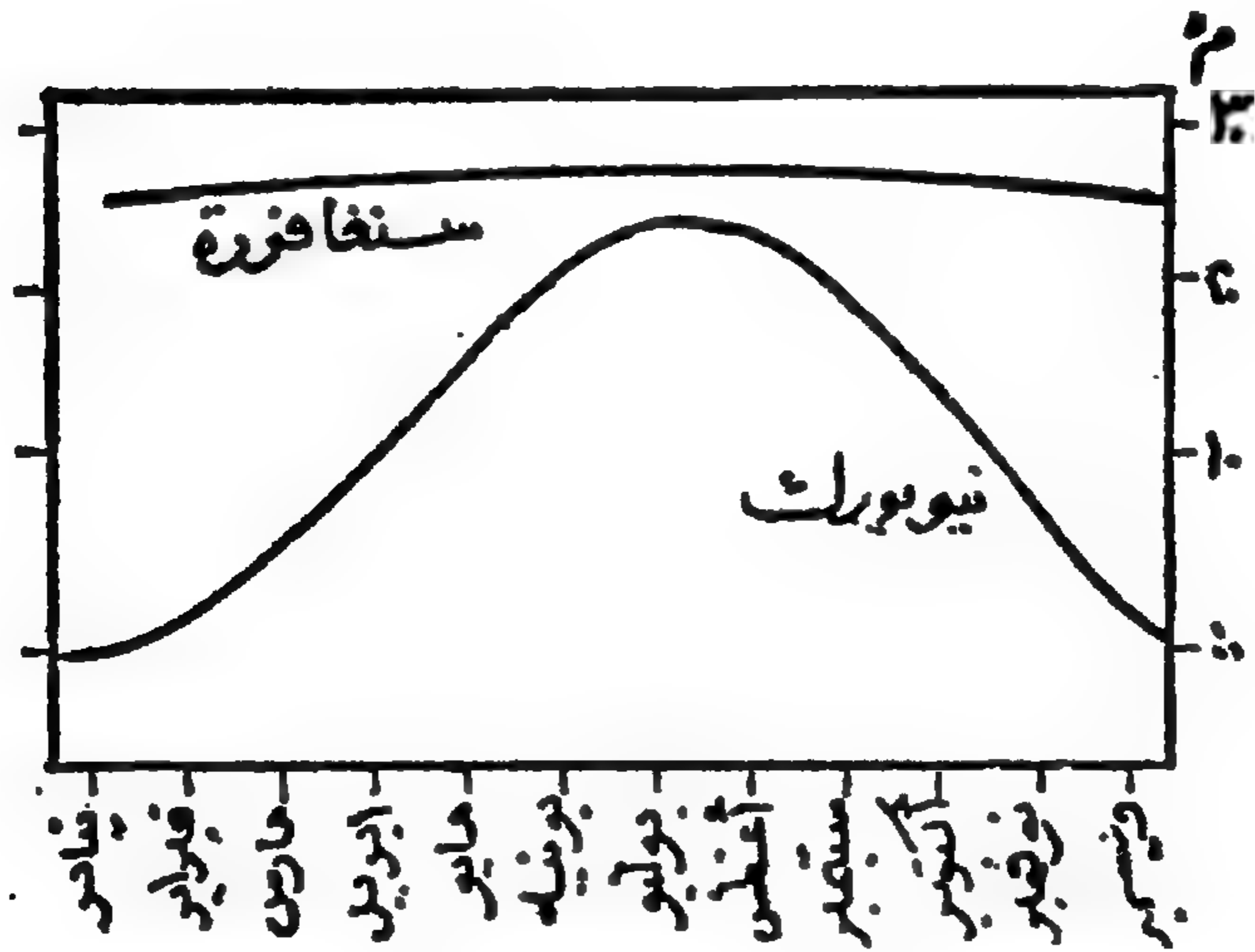
تشرق الشمس فى صباح الأيام الهادئة الخالية من التلقيات الجوية ، ويأخذ اشعاعها فى الشدة كلما تقدم النهار حتى يبلغ القمة عند الظهر ، ثم يأخذ فى الضعف بعد ذلك الى أن يختفى مع غروب الشمس . وتبدأ حرارة الجو فى الارتفاع مع شروق الشمس ، وتستمر فى الزيادة الى أن تبلغ القمة بعد الظهر بنحو ساعتين ، ثم تشرع حرارة الجو فى الانخفاض التدريجى بعد ذلك ، ويستمر انخفاضها دائماً طول الليل الى أن تبلغ أدنى حد لها قبيل شروق شمس اليوم التالى مباشرة .

ورغم ارتباط المسار اليومى للحرارة بالمسار اليومى للاشعاع الشمسى ، فإنهما لا يتفقان زمنياً ، فالأول يتأخر عن الثانى بنحو ساعة ونصف فى داخلية القارات ، وبأكثر من ساعتين فيما جاور البحار ، وذلك بسبب اختلاف الخصائص الحرارية لكل من اليابس والماء ، مما يؤخر وقت الحرارة القصوى فى الأراضى الساحلية عنها فى داخلية القارات . واختلاف الخصائص الحرارية لكلا الجسمين هو السبب أيضاً فى تأخر أحر الشهور ليكون شهر أغسطس فى المحطات الساحلية ، بينما يتقدم ويكون شهر يوليو هو أحر الشهور فى داخلية القارات .

ولما كانت حرارة الجو هي محصلة الموازنة الحرارية لسطح الأرض والهواء القريب منه ، فإنها تواصل ارتفاعها حتى بعدما يشرع الاشعاع الشمسى فى الضعف ، لان حرارة سطح الأرض المكتسبة تبقى أعلى من المفقودة ، ويستمر ذلك حتى حوالى الساعة الثانية بعد الظهر . ثم تبدأ الحرارة المكتسبة فى النقصان حتى تنتهى تماما بمغيب الشمس عند الغروب . ويتواصل بعد ذلك فقدان الحرارة بالاشعاع الأرضى حتى قبيل شروق شمس اليوم التالى .

### المسار السنوى لدرجات الحرارة :

المسار السنوى لدرجات الحرارة هو انعكاس للمسار السنوى للاشعاع الشمسى ، وهو يتبعه ، لكنه يتأخر عنه زمنيا ، مثله فى ذلك مثل المسار اليومى . وكما قدمنا تختلف الفترة الزمنية تبعا لاختلاف الخصائص الحرارية لكل من اليابس والماء ، مما يجعل أحر الشهور فى المناطق القارية هو شهر يوليو ، بينما يكون أحر الشهور فى الأقاليم البحرية هو شهر أغسطس .



شكل رقم (٢٤) المسار السنوى للحرارة فى كل من :

نيويورك (٤١° شمالا) سنغافورة (١° شمالا)

التوزيع الجغرافى للمدى الحرارى اليومى والمدى السنوى والعوامل المتحكم فىهما :

يمكن اجمال دراسة التوزيع الجغرافى للمدى الحرارى اليومى والسنوى فى النقاط التالية ، علما بأن العوامل المتحكم فى كليهما واحدة .





شكل رقم (٢٥) المدى السنوى للحرارة بالدرجات المئوية

١ - المدى الحرارى اليومى والسنوى فى الأقاليم القارية أكثر منه فى الأقاليم البحرية ، وذلك لاختلاف الخصائص الحرارية لكل من اليابس والماء كما قدمنا . ويتضح من خرائط توزيع المدى الحرارى السنوى أنه يبلغ ذروته فى وسط أراضى شمالى شرق آسيا حيث يبلغ  $55^{\circ}\text{م}$  ، وفى وسط النصف الشمالى من أمريكا الشمالية حيث يصل إلى  $45^{\circ}\text{م}$  . أما فى المناطق الساحلية فإنه يهبط إلى خمس درجات مئوية .

٢ - كلاهما أقل فى المناطق الرطبة منهما فى الأقاليم الجافة . وكلما كثر بخار الماء فى المستويات السفلى من الجو كلما عظم أثره فى تقليل المدى الحرارى اليومى والسنوى . ولهذا نجد أنهما منخفضين فى الأقاليم الاستوائية والمدارية الرطبة .

٣ - يزداد المدى الحرارى اليومى والسنوى كلاهما بالابتعاد عن دائرة الاستواء . فهما صغيران فى العروض الاستوائية والمدارية الرطبة ، وكبيران فى العروض المعتدلة والباردة . ويعزى ذلك إلى ازدياد التباين فى طول الليل والنهار كلما بعدنا عن دائرة الاستواء ، إضافة إلى عظم الرطوبة وكثرة بخار الماء فى الجو الاستوائى والمدارى الرطب .

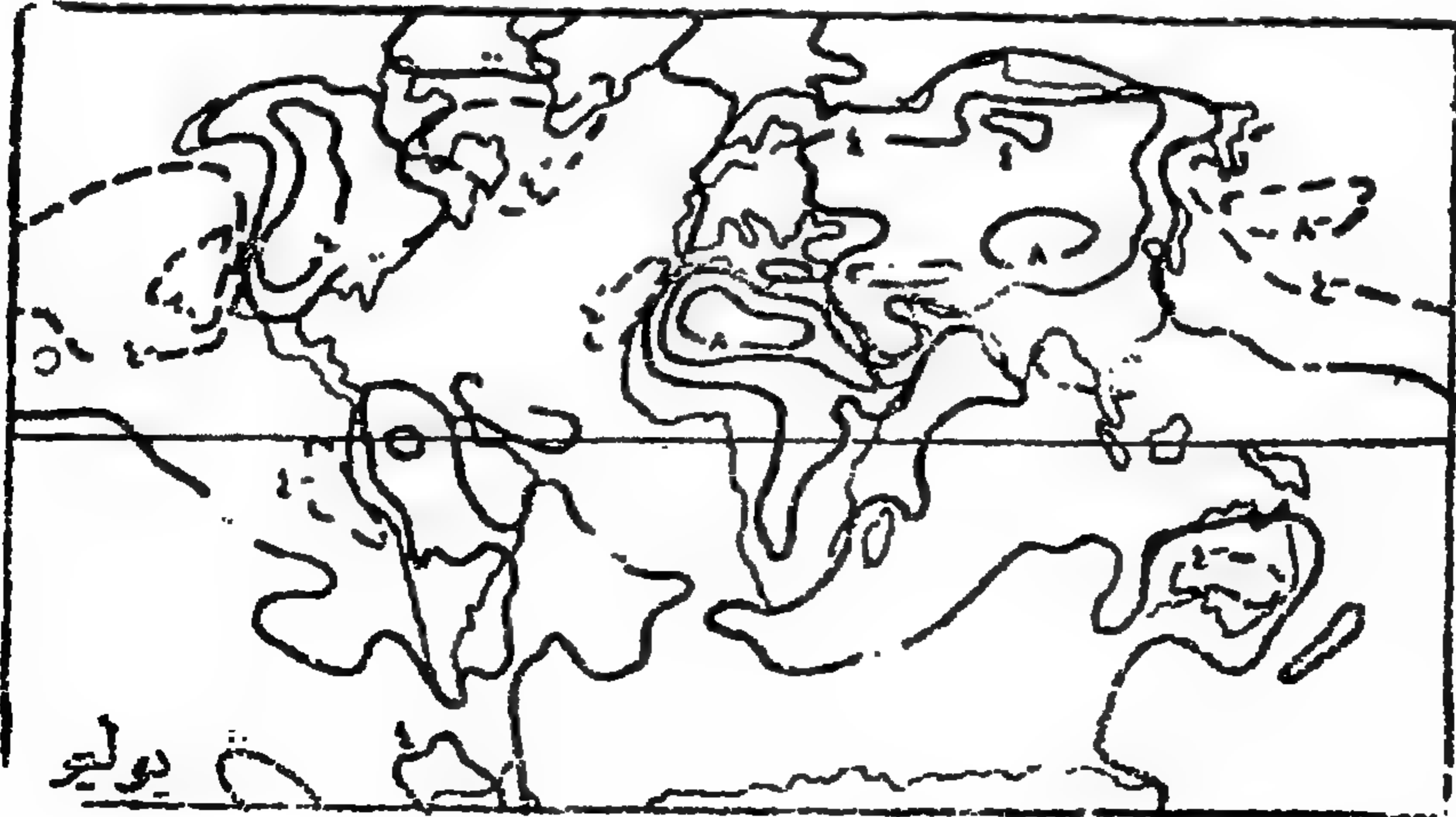
٤ - المدى الحرارى اليومى والسنوى كلاهما قليل فى المناطق المرتفعة ، وكبير فى السهول المنبسطة . وقد وجد أن المدى الحرارى اليومى على ارتفاع

٢٠٠ متر من منسوب سطح البحر يعادل خمسى المدى الحرارى اليومى على ارتفاع مترين . وتفسير ذلك أن تأثير الاشعاع الأرضى يقل بالارتفاع .

### الانحراف الحرارى :

يعرف الانحراف أو الشذوذ الحرارى Temperature Anomalies لمكان معين ، بأنه مقدار الانحراف عن متوسط حرارة خط العرض الذى يقع عليه المكان . وهو يعادل الفرق بين معدل درجة حرارته ودرجة حرارة دائرة العرض التى يقع عليها . وقد يكون هذا الانحراف أو الشذوذ موجبا ، وقد يكون سالبا .

فاذا كان معدل درجة حرارة الاسكندرية على سبيل المثال  $17^{\circ}\text{C}$  فى



شكل رقم (٢٦) التوزيع الجغرافى للانحراف الحرارى فى يناير ويوليو

شهر يناير ، بينما يبلغ متوسط درجة حرارة جميع المحطات الواقعة على نفس درجة عرض الاسكندرية ١٤°م ، فانه يقال ان الاسكندرية تحظى بانحراف حرارى موجب مقداره ٣°م . أما اذا حدث وكان معدل درجة حرارة المدينة ١٠°م ، فانها حينئذ تقاسى انحرافا او شذوذا حراريا سالبا مقداره ٣°م .

ويزداد الاهتمام بدراسة الانحراف الحرارى لما له من تأثير على اضطرابات المناخ والدورة الهوائية العامة . ولهذا تنشأ لها خرائط خاصة تسمى خرائط الشذوذ الحرارى ، ترسم عليها خطوط تدعى خطوط الشذوذ الحرارى *Iso-anomalous Lines* ، وهى الخطوط التى تصل بين الاماكن التى تتساوى فى مقادير شذوذها الحرارى على نفس خط العرض ، سواء كان الشذوذ موجبا ام سالبا . وتحسب عن طريق ايجاد متوسط حرارة كل دائرة من دوائر العرض ، ولك بالحصول على متوسط حرارة عدد من المحطات المتيورولوجية التى تقع عليه خلال شهر او فصل او سنة ، حسبما يتطلب انشاء الخريطة ، ثم يحسب مقدار شذوذ كل محطة عن المتوسط العام لحرارة دائرة العرض ، سواء كان موجبا ام سالبا . ثم توصل قيم الشذوذ المتساوية والمتماثلة بخطوط هى خطوط الشذوذ او الانحراف او الميل الحرارى .

### العوامل الجغرافية المؤثرة فى نشأة الشذوذ الحرارى :

١ - المسطحات المائية : التى تقوم بخزن الطاقة الشمسية ، ولهذا فانها بالغة الأهمية فى نشأة وتوزيع مناطق الانحراف الحرارى .

٢ - التيارات البحرية الدافئة : فى غربى القارات والرياح الغربية (العكسية) الشتوية الدافئة . فهذه وتلك مسئولة عن تكون مراكز انحراف حرارى موجب فى القسم الشمالى من كل من المحيطين الأطلسى والهادى . ويظهر الشذوذ الحرارى الموجب بأجلى صورته فى سواحل غربى النرويج بسبب تيار الخليج الدافئ ، فهو يصل هناك الى ٢٤°م ، فلا تتجمد مياه موانئها شتاء حتى مدينة الرأس الشمالى (نورث كيب) فى أقصى شمال النرويج ، بينما تعاني الموانئ الواقعة على نفس دوائر العرض فى شرق أمريكا الشمالية من تجمد مياهها ، بسبب انخفاض الحرارة الى ما دون الصفر . وهنا يظهر الانحراف الحرارى السالب .

بالمثل تسجل سواحل شمال غربى أمريكا الشمالية انحرافا حراريا



موجبا بسبب تيار اليابان الدافئ والرياح الغربية ، بينما تعاني سواحل شمال شرق آسيا شذوذا حرايا سالبا .

٣ - التيارات البحرية الباردة التى تسير بحذاء السواحل المدارية بغربى القارات . فهنا ينشأ بسببها شذوذ حرارى سالب ، مثل سواحل غربى أفريقيا التى تتأثر بتيار كناريا البارد ، وسواحل غربى أمريكا الجنوبية التى تتأثر بتيار بنجويلا البارد ، وسواحل غربى كاليفورنيا التى تتعرض لتأثير تيار كاليفورنيا البارد .

٤ - اتساع رقعة اليابس يؤدي الى نشأة مناطق انحراف حرارى شاسعة المساحة ، يكون انحرافها موجبا فى الصيف ، وسالبا فى الشتاء :

#### ففى فصل الصيف :

تتكون ثلاث مراكز عظيمة المساحة للانحراف الحرارى الموجب فوق كل من اواسط آسيا ، والقسم الشمالى من أفريقيا ، والجزء الاوسط من أمريكا الشمالية . وذلك بسبب التسخين الشديد للاشعاع الشمسى ، وطول النهار ، وصفاء السماء .

#### وفى فصل الشتاء :

تصبح نفس المراكز الثلاثة الآنفة الذكر محلا لشذوذ حرارى سالب ، بسبب ميل الاشعاع الشمسى ، وقصر النهار ، والبعد عن تأثير المسطحات البحرية . ويضرب المثل بالانحراف الحرارى السالب فى سيبيريا شتاء، حيث يصل الى - ٢٤م فوق مساحة هائلة . واذا كانت بلدة ثورنس هافين الواقعة فى جزر فارو بغربى النرويج نموذجا للانحراف الحرارى الموجب (٢٤م) وبالتالي مثالا للمناخ البحرى الحقيقى ، فان مدينة فيرخويانسك بشرقى سيبيريا هى نموذج المناخ القسارى ، ومثال متطرف لسلانحراف الحرارى السالب (- ٢٤م) .

#### وسائل اكتساب ونشر الحرارة بالغلاف الجوى :

تعتبر الاشعاعات بأنواعها : الشمسية والجوية والارضية ، الوسيلة الرئيسية لاكتساب ونشر الحرارة فى الغلاف الجوى . ويتم ذلك بعدة طرق هى : التلامس والتوصيل ، والحركات الرأسية للهواء أو تيارات الحمل ، والتسخين الذاتى للجو ، والاشعاع الذاتى لعناصر الجو ، والحرارة الكامنة فى بخار الماء ، والنشر والنقل بواسطة الرياح . وبهذه الوسائل تنتقل الحرارة فى الغلاف الجوى وتنتشر ، ويتم تسخينه .



## السلامس والتوصيل :

تنتقل الحرارة في الهواء ويتم تسخينه بمساعدة عمليات التوصيل الحرارى **Conduction** . فعندما يمتص سطح الأرض الاشعاع الشمسى وترتفع حرارته ، تنتقل الحرارة بالتلامس والتوصيل من سطح الأرض الساخن الى الهواء الملاصق له . ويتم عكس ذلك حينما يبرد سطح الأرض عن طريق فقدان الحرارة بالاشعاع الأرضى ، وحينئذ قد تنخفض حرارة الهواء الملاصق لسطح الأرض البارد الى نقطة الندى ، فيتكون بذلك الندى ، خصوصا حينما يكون الهواء ساكنا ، أما اذا تحرك الهواء ببطء وخفة ، فان الضباب يتكون ، نتيجة لحركة الهواء الرطب وعدم استقراره وسكونه .

## تيارات الحمل :

على الرغم من أن الجو نفسه موصل رديء للحرارة ، فان الحرارة تنتشر به ويتم تسخينه عن طريق تيارات الحرارة الصاعدة ، فعندما ترتفع حرارة الهواء الذى يلامس سطح الأرض أثناء اشراق الشمس ، ويتأثير الاشعاع الأرضى ، فانه يصعد الى أعلى لتمدده وتناقص كثافته ، وذلك على هيئة تيارات حرارية صاعدة او تيارات حمل **Convection** يصل صعود بعضها فى المناطق الداخلية من القارات وفى الجهات الصحراوية الى نحو ١٥ كم . وعندما يبرد الهواء فى أعالى الغلاف الجوى ترتفع كثافته فيزداد وزنه ، ويشرع فى الهبوط من أعلى الى أسفل ، ليحل محل الهواء الساخن الصاعد . وتتم هذه الدورة خلال اليوم ، ففي الصباح حتى الظهر يكون الصعود الهوائى على أشده . وفيما بعد الظهر يختلط الهواء الصاعد ببدايات الهواء الهابط ، فتنشأ قرب سطح الأرض طبقة من الهواء المختلط ، تحل محلها بالليل ، خصوصا فى أواخره ، تيارات هابطة .

## التسخين الذاتى للجو :

عندما يهبط الهواء من أعلى ، يتضاغط وتزداد كثافته ووزنه ، فتزداد حرارته بمعدلات تساوى تقريبا هبوط الحرارة بالارتفاع . وتحدث هذه الظاهرة محليا ، وفى جهات محدودة نسبيا . مثال ذلك ما يحدث لرياح الفون **Foehn** من تسخين أثناء هبوطها من أعالى مرتفعات الألب الى هضبة بافاريا والهضبة السويسرية . وكذلك حال رياح الشينوك **Shinock** التى تهبط من أعالى جبال الروكى بأمريكا الشمالية الى سهول كندا وسهول البرارى الشمالية بالولايات المتحدة الأمريكية . وتعرف عملية تسخين الهواء بالهبوط من الأعالى بالتسخين الذاتى **Adiabatic Heating** .

## الاشعاع الذاتى لعناصر الجو :

ونقصد به الاشعاع الحرارى الذى ينبعث عن الغازات والمواد العالقة بالجو ومنها بخار الماء ويعمل على تسخين الغلاف الجوى مباشرة . ويساعد وجود السحب وكثرتها اثناء الليل على رفع قيمة الاشعاع الذاتى للجو من ناحية وانقاص قيمة الاشعاع الارضى من ناحية اخرى . وحينما تشتد كثافة السحب وقربها من سطح الأرض ، مع ارتفاع نسبة الرطوبة وبخار الماء فى الجو ، قد يتعادل الاشعاع الارضى والاشعاع الذاتى لعناصر الجو ليلا ، ومن ثم لا تنخفض حرارة سطح الأرض والهواء الملامس له الا قليلا .

## الحرارة الكامنة فى بخار الماء :

وهى الحرارة التى تكمن فى بخار الماء Latent Heat الذى يتبخر من المسطحات المائية التى تشغل أكثر من ثلثى سطح الأرض . ومعلوم أن الحرارة الكامنة لبخار الماء هى كمية الحرارة الكافية لتحويل جرام من الماء الى بخار ، وتبلغ ٥٤٠ سعر/جرام عند درجة حرارة ١٠٠°م . والتبخر من المسطحات المائية المدارية هو أهم مصادر تزويد الجو بالحرارة الكامنة ، أما اليابس ، خصوصا اليابس المدارى أيضا ، فهو مصدر تموين الجو بالحرارة المحسوسة Sensible Heat . وتقدر كمية الحرارة الكامنة التى تنطلق فى الهواء عند تكاثف جرام واحد من بخار الماء بنحو ٥٣٧ كالورى (وحدة السعر الحرارى) .

## الرياح واثرها فى نقل الحرارة :

لاشك ان انتقال الهواء من مكان يصحب معه حرارته الى المكان الاخر . والكتل الهوائية تتألف من هواء متجانس الخصائص الطبيعية الى حد كبير ، وتنساب من منطقة الى اخرى ، فتجلب اليها الدفء أو البرودة . ولذلك فان الموازنة الاشعاعية لا تتمشى مع المسار اليومى لدرجات الحرارة فى المناطق المعتدلة والمناطق المعتدلة الباردة بسبب كثرة ما يرد اليها من كتل هوائية متفاوتة الخصائص الحرارية .

## خطوط الحرارة المتساوية :

هى عبارة عن خطوط تصل بين الأماكن التى تتساوى فى معدل درجة حرارتها ، سواء منها الشهرية أم السنوية ، وذلك بعد أن تعدل هذه المعدلات الى مستوى سطح البحر .

فاذا كان متوسط حرارة المكان ١٢°م ، وارتفاع هذا المكان عن سطح

البحر يبلغ ٣٠٠٠ متر ، فاننا نزيد درجة مئوية واحدة عن كل ١٥٠ مترا للارتفاع ، بحيث تكون درجة حرارة هذا المكان على الخريطة هي ٣٢° م . وعلى ذلك فان حساب خطوط الحرارة المتساوية يكون على أساس واحد لجميع الأماكن ، وهو مستوى سطح البحر .

### مزايا خطوط الحرارة المتساوية وعيوبها :

لخطوط الحرارة المتساوية مزايا وفوائد متعددة ، فهي تعطى صورة عامة عن توزيع الحرارة ، التي لا يمكن الحصول عليها بغيرها ، كما أن تعرجاتها وانثناءاتها تبين لنا أثر العوامل الجغرافية الكثيرة مثل توزيع اليابس والماء ، وتأثير التيارات البحرية الدافئة والباردة ، وفعل الرياح الدافئة والباردة ، كما توضح أثر الغطاء النباتي وغير ذلك من العوامل الجغرافية الفاعلة (انظر شكل ٢٧ ، ب) .

وأهم عيوبها أنها لا تعطى صورة دقيقة عن درجات الحرارة الفعلية التي تؤثر تأثيرا مباشرا في الحياة النباتية والحيوانية . ولهذا تستخدم درجات الحرارة الفعلية عند رسم خرائط محلية لاقليم أو قطر محدود المساحة .

### خرائط خطوط الحرارة المتساوية :

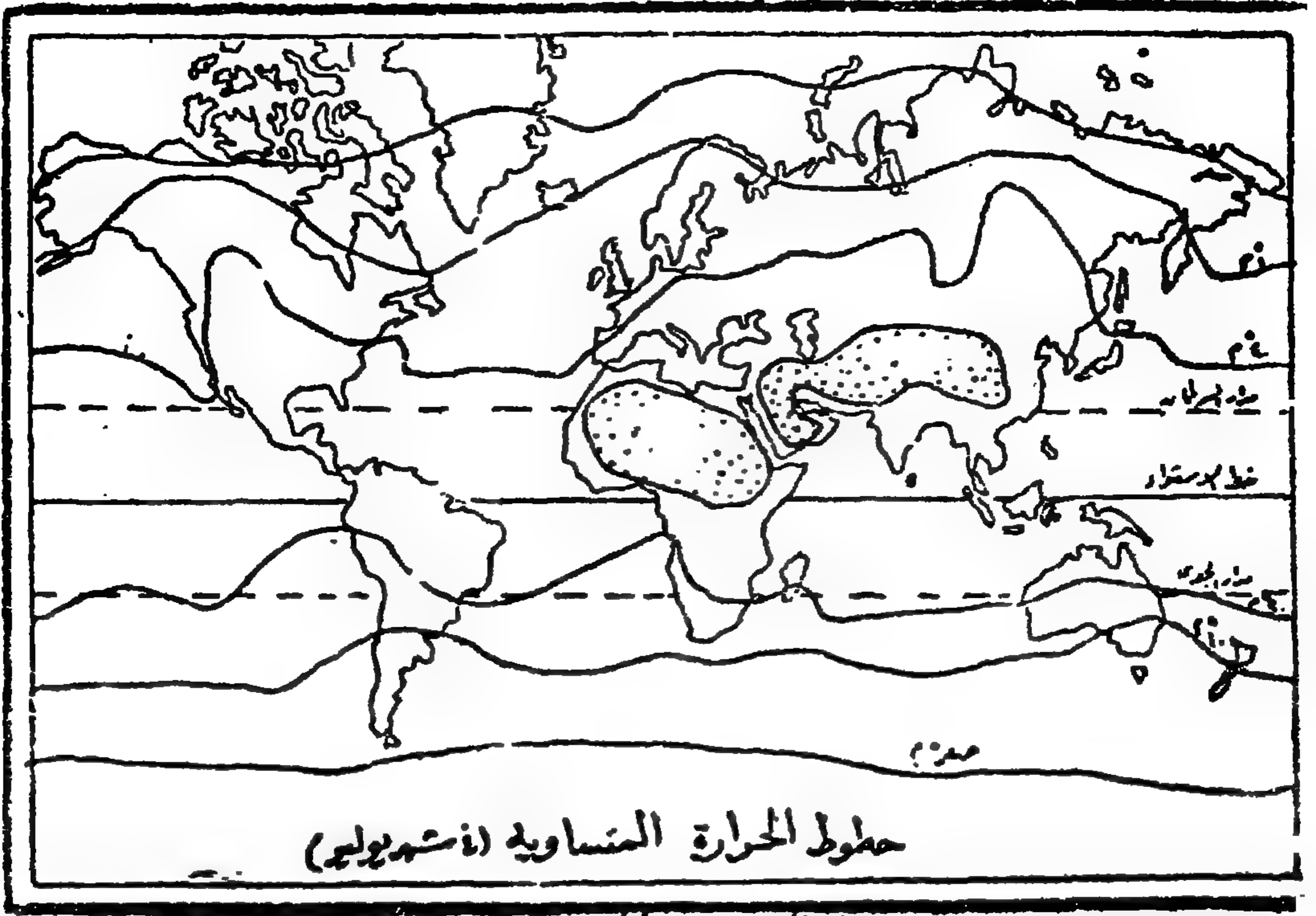
حينما ننظر الى خرائط تساوى الحرارة Isotherms نجد أن تلك الخطوط تتجه بصفة عامة من الشرق الى الغرب ، تبعا لاتجاه دوائر العرض . وهذا أمر طبيعي ، لأن توزيع الحرارة يتأثر بدوائر العرض . ويصيب كل الأماكن التي تقع على دائرة عرض واحدة نفس القدر من أشعة الشمس . هذا باستثناء بعض العوامل المحلية التي قد يكون لها تأثير في تغيير هذه الأحوال العامة .

واذا ما أجرينا مقارنة بين نصفى الكرة الشمالى والجنوبى ، لوجدنا أن خطوط الحرارة المتساوية السنوية تكون أقل تعرجا وأكثر استقامة في نصف الكرة الجنوبى عنها في النصف الشمالى . وذلك لارتفاع نسبة اليابس في النصف الشمالى ، وسيادة الماء في النصف الجنوبى .

### خطوط الحرارة المتساوية في الصيف :

وحينما ننظر الى خريطة خطوط الحرارة المتساوية Isotherms في شهر يوليو نلاحظ الآتى شكل رقم (٢٧ - ١) :





شكل رقم (٢٧ - ١)

- ١ - أشد جهات العالم حرارة في النصف الشمالي، حيث تقع الصحارى المدارية ممثلة في الصحراء الكبرى الأفريقية وصحارى غربى آسيا ووسطها، وفيها يبلغ المتوسط الحرارى أكثر من ٣٠ درجة مئوية .
- ٢ - لا أثر للتجمد (الانخفاض الحرارى لما دون الصفر) في النصف الشمالى ، باستثناء شمال جرينلندا ، لذلك تكون جميع موانئه مفتوحة للملاحة البحرية .
- ٣ - تنحني خطوط الحرارة المتساوية نحو القطب على يابس النصف الشمالى لشدة حرارته ، ونحو خط الاستواء على محيطاته لانخفاض حرارة المياه نسبيا .
- ٤ - يسير خط صفر درجة مئوية في نصف الكرة الجنوبى كأنه خط مستقيم لأنه يقع جميعه على الماء .
- ٥ - لا أثر للتجمد في قارات النصف الجنوبى لأنها لا تمتد كثيرا نحو القطب الجنوبى .





شكل رقم (٢٧ - ب)

### خريطة خطوط الحرارة المتساوية في الشتاء :

وبالمثل يمكننا أن نتبين عدة ملاحظات على خريطة خطوط الحرارة المتساوية في شهر يناير شكل رقم (٢٧ - ب) .

١ - تقع أشد جهات العالم برودة في يابس النصف الشمالى في أقصى شمال أمريكا الشمالية وشمال شرق سيبيريا ، حيث تهبط درجة الحرارة الى  $-٤٠^{\circ}\text{م}$  ، وهو ذلك الجزء من اليابس الذى يسمى (قطب البرودة) ، ولا نظير له في شتاء النصف الجنوبى (باستثناء القارة القطبية الجنوبية) .

٢ - تنحني خطوط الحرارة المتساوية في نصف الكرة الشمالى فجأة وبشدة نحو خط الاستواء فوق يابس القارات الباردة ، كما تنثنى فجأة وبشدة أيضا فوق المحيطات الأكثر دفئا (لاحظ تأثير كل من تيار الخليج الدافئ في المحيط الاطلسى ، وتيار اليابان الدافئ في المحيط الهادى) ، بينما في يوليو نجد العكس صحيحا .

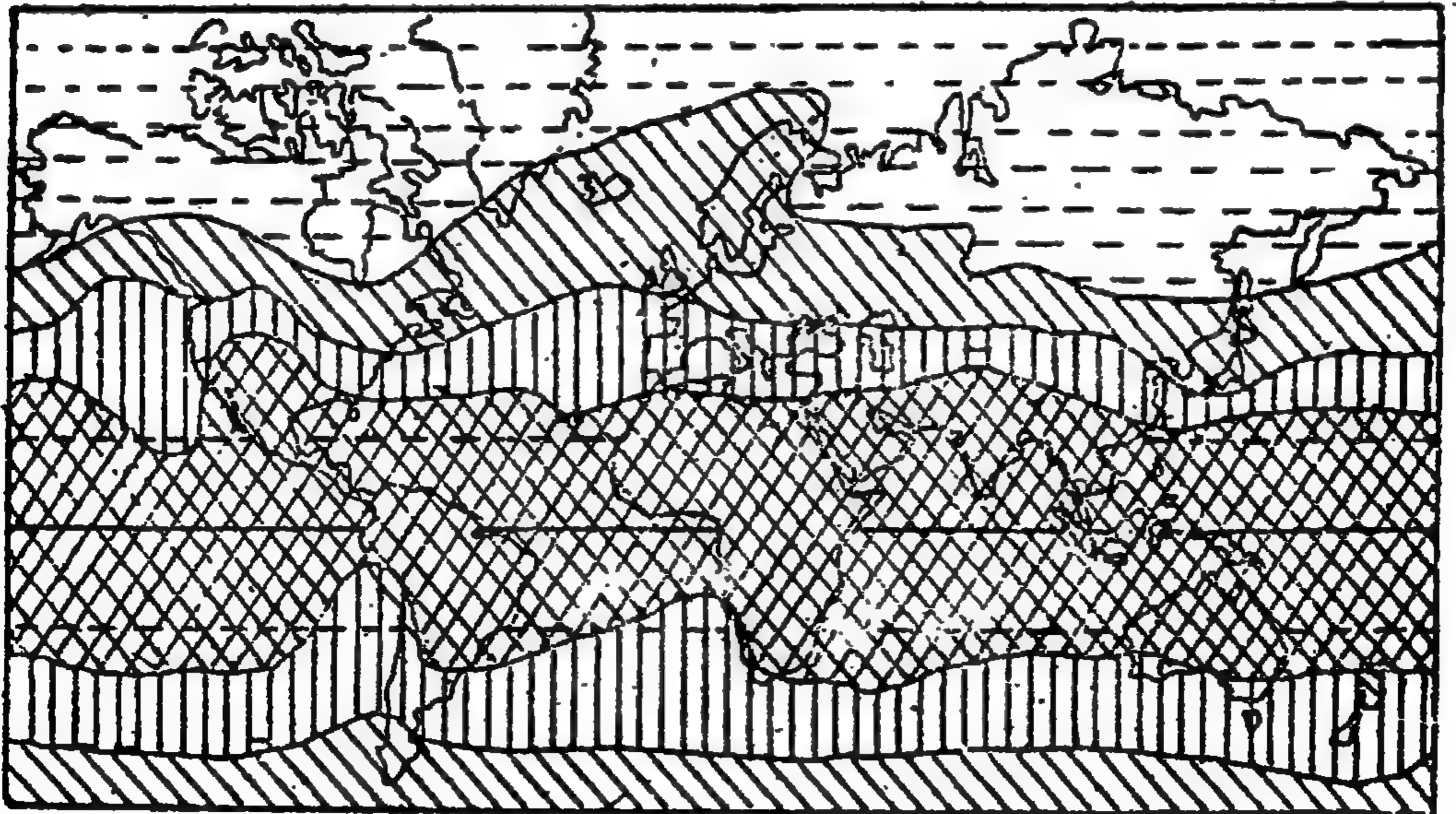
٣ - أشد جهات العالم حرارة في يناير تقع في النصف الجنوبى على

النيابس حول مدار الجدى حيث توجد صحراء استراليا وكلمبارى واتكاما  
التي يبلغ متوسط حرارتها ٣٠ درجة مئوية .

٤ - ينحني خط الحرارة ٢٠ درجة مئوية نحو خط الاستواء قرب  
سواحل غرب افريقيا وسواحل غرب أمريكا الجنوبية لوجود التيارات  
البحرية الباردة (تيار بنجويلا البارد وتيار بيرو البارد) .

### المناطق الحرارية العامة :

بعد أن عرفنا سابقا أن الأساس في توزيع الحرارة على سطح الأرض هو  
متدار تعامد الشمس على دوائر العرض المختلفة ، فإن الأقاليم الاستوائية  
تكون حارة ، أما الأقاليم القطبية فهي باردة ، وفيما بين هذه الأقاليم  
تتدرج درجة الحرارة تبعا لبعدها عن خط الاستواء أو القرب من  
القطبين . ولما كانت خطوط العرض لا تكون فواصل دقيقة بين المناطق  
الحرارية على سطح الأرض ، لذا فقد قسم الجغرافيون سطح الأرض الى  
مناطق حرارية على أساس المتوسط السنوي لدرجة الحرارة ، ويمكن أن  
نلخص هذه المناطق الحرارية العامة فيما يلي (انظر الخريطة شكل ٢٨) .



المنطقة الحارة	
المنطقة المعتدلة الدفينة	
المنطقة المعتدلة الباردة	
المنطقة الباردة	

شكل رقم (٢٨) المناطق الحرارية

## ١ - المنطقة الحارة :

وهى المنطقة فيما بين مداري السرطان والجدي . وتمتاز بقلة التغيرات بين فصول السنة ، ويبلغ فيها المتوسط السنوى لدرجة الحرارة  $20^{\circ}\text{م}$  أو أكثر ، إلا أن الحرارة تزداد في فصلى الربيع والخريف . نظرا لتعامد الاشعاع الشمسى عليها .

## ٢ - المنطقتان المعتدلتان :

المنطقة الاولى شمالية فيما بين مدار السرطان والدائرة القطبية الشمالية أما الثانية فهى جنوبية فيما بين مدار الجدى والدائرة القطبية الجنوبية ، ومتوسط الحرارة السنوى بها  $15^{\circ}\text{م}$  ، وكل منهما حارة في الصيف ومعتدلة في الشتاء .

## ٣ - المنطقتان الباردتان :

وتقع المنطقة الاولى شمال الدائرة القطبية الشمالية ، والثانية جنوب الدائرة القطبية الجنوبية . ولا يتعدى المتوسط الشهرى للحرارة فيهما  $10^{\circ}\text{م}$  الا في أربعة أشهر .

## ٤ - المنطقتان القطبيتان :

وفيهما يقل المتوسط الشهرى للحرارة عن  $10^{\circ}\text{م}$  على مدار السنة .

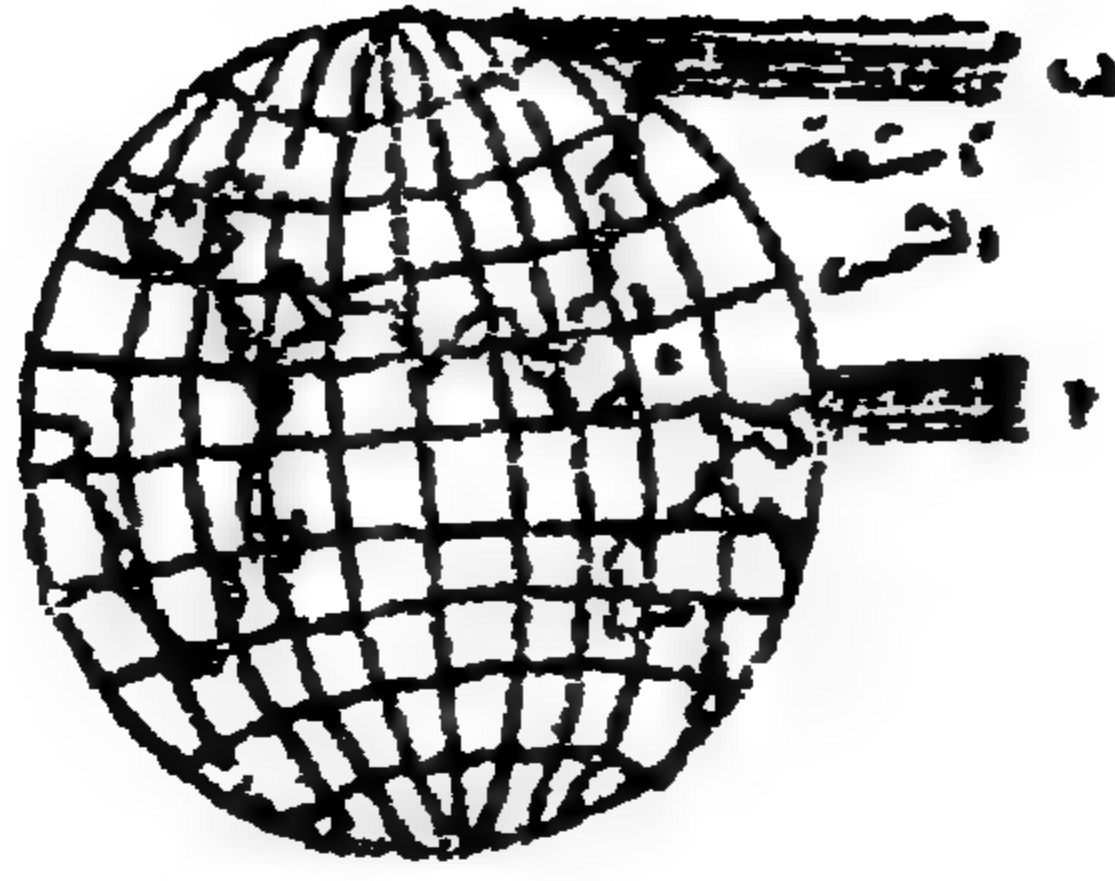
## العوامل المؤثرة في توزيع الحرارة على سطح الأرض

هناك عوامل رئيسية لها اثر واضح في الحالة المناخية لاي مكان على سطح الأرض هى :

### أولا - موقع المكان بالنسبة لخط العرض :

يتاثر مناخ أى مكان بحسب قربه أو بعده عن خط الاستواء ، فكلما كان المكان قريبا من خط الاستواء ارتفعت درجة حرارته ، وكلما بعد عنه انخفضت درجة حرارته . والسبب في ذلك أن الجهات الاستوائية أكثر من غيرها تعرضا لأشعة الشمس العمودية . فالأشعة التى تصل عمودية الى الأرض تكون أقوى من الأشعة التى تصلها مائلة ، لأن الأشعة المائلة تخترق مسافة أطول في الجو ، فتفقد قسما أكبر من قوتها ، بينما الأشعة العمودية التى تخترق مسافة أقصر تفقد قسما أقل . أضف الى ذلك أن الأشعة العمودية تتركز في مساحة أصغر من سطح الأرض فتزداد قوتها ويعظم تأثيرها ، بينما تتوزع الأشعة المائلة على مساحة أكبر فيقل تركيزها ويضمحل تأثيرها شكل رقم (٢٩) .





شكل رقم ( ٢٩ ) الأشعة العمودية «أ» الأشعة المائلة «ب»

### ثانيا - توزيع اليابس والماء :

ترسل الشمس أشعتها الى سطح الكرة الأرضية فيسخن اليابس والماء ، ولكن اليابس يسخن بسرعة أكثر من الماء ، وسبب ذلك طبيعة الماء السائلة ، وتحركه في هيئة أمواج وتيارات مائية . وحركات مد وجزر ، وكل ذلك يؤدي الى توزيع الحرارة على سطوح أكبر من الماء ، وعدم حصرها في جزء محدود كما هو الحال في اليابس . أضف الى ذلك أن أشعة الشمس تستطيع أن تنفذ خلال الماء الى عمق كبير بسبب شفافيته مما يؤدي الى توزيع الأشعاع الشمسي في سمك كبير من الماء ، بينما يتركز الأشعاع في سمك رقيق في حالة اليابس المعتم الذي يتصف برداءة التوصيل للحرارة .

وبما أن الأجسام التي تمتص حرارتها بسرعة تفقدها بسرعة أيضا ، فإن اليابس يسخن ويبرد بسرعة في حين يسخن ويبرد الماء ببطء نظرا لأن الحرارة النوعية (وهي مقياس للطاقة اللازمة لرفع درجة حرارة الماء درجة مئوية واحدة) للماء تبلغ ثلاثة أمثال الحرارة النوعية لليابس ، وتبعاً لذلك فإن كل جرام من الماء يحتاج لرفع درجة حرارته درجة مئوية واحدة الى ثلاثة أمثال الحرارة التي يحتاج اليها جرام واحد من مادة اليابس ، ويترتب على ذلك أن هواء البحر يكون أبرد من هواء اليابس في فصل الصيف وأدفأ منه في فصل الشتاء ، ولهذا يؤثر البحر في مناخ الجهات القريبة منه .

### ثالثا - الارتفاع أو الانخفاض عن سطح البحر (التضاريس) :

من المعروف أن درجة الحرارة تنخفض درجة مئوية واحدة كلما ارتفعنا عن سطح البحر بمقدار ١٥٠ متراً . والعكس فإن درجة الحرارة ترتفع درجة مئوية واحدة كلما هبطنا الى مستوى سطح البحر بمقدار ١٥٠ متراً . وعلى ذلك فإن المرتفعات أقل حرارة من السهول المنخفضة لهذا نجد سكان السهول يتخذون المرتفعات كمصيف وقت اشتداد الحرارة والرطوبة في السهول .





وبدل انخفاض درجة الحرارة مع الارتفاع على أن سطح الأرض هو مصدر الحرارة التي تسخن الهواء ، أى أن الهواء يسخن بملامسته لسطح الأرض . ومع أن أشعة الشمس تسخن طبقات الهواء العليا بطريق مباشر أثناء مرورها خلالها في طريقها إلى سطح الأرض ، إلا أن مقدرة الهواء العلوى على امتصاص أشعة الشمس ضعيفة بعكس الطبقات السفلى من الهواء التي تستطيع امتصاص كمية أكبر من الاشعاع الشمسى ، بسبب كثرة ما يعلق بها من غبار وبخار ماء .

ولاتجاه امتداد السلاسل الجبلية الكبرى أثر فعال في التوزيع الجغرافى لدرجات الحرارة . ذلك أن امتداد جبال الألب من الغرب نحو الشرق يمنع الكتل الهوائية الباردة من الوصول شتاء إلى سواحل أوروبا الجنوبية التي تتعرض حينئذ للاشعاع الشمسى المشرق ، فصارت مشاتى دافئة في سواحل الريفيرا الفرنسية والإيطالية كما وتسمح للرياح الغربية بالتوغل في داخلية القارة ، فتمنحها الدفء شتاء ، واعتدال الحرارة صيفا . ومثل هذا التأثير نجده معكوسا في أمريكا الشمالية حيث تمتد جبال الروكى من الشمال صوب الجنوب ، مما جعل يابس القارة معرضا للكتل الهوائية القطبية الباردة التي تتوغل حتى جنوبى القار شتاء .

#### رابعاً - التيارات البحرية :

تدفع الرياح المياه السطحية في البحار والمحيطات ، وتسبب لذلك تيارات بحرية تسير بحذاء شواطئ القارات ، وتؤثر هذه التيارات على مناخ الجهات الساحلية لهذه القارات . فإذا كانت هذه التيارات آتية من جهات أبرد من الجهات التي تسير إليها تسبب انخفاضا في درجة الحرارة وجفافا في المناخ ، أما إذا كانت آتية من جهات أدفأ من الجهات التي تقصدها سبب ذلك ارتفاعا في درجة الحرارة ورطوبة في الجو .

فلو نظرت إلى شكل ( ٣٠ ) ترى أنه يوجد بالمحيط الأطلنطى تيارات دفيئة تدفعها الرياح العكسية الجنوبية الغربية نحو أوربا ، فتجلبب الأمطار والدفء إلى السواحل الغربية للقارة (ماهى هذه التيارات) . وهناك تيارات باردة تأتى إلى السواحل الشمالية الغربية لقارة أفريقية ، وكذلك إلى الجهات الجنوبية الغربية منها (تتبعها على الخريطة) في حين أن التيارات الاستوائية تكون دافئة دائما سواء في شرق القارة أو غربها ، فتزيد من حرارة الجهات الساحلية الاستوائية ، وتزيد أيضا من رطوبتها .

#### خامساً - الرياح :

للرياح تأثير كبير على مناخ الاقليم الذى تهب عليه ، فإذا كانت تهب من

جهات دفيئة فانها ترفع حرارة الاقليم ، أما اذا كانت تهب من جهات باردة فانها تخفض من درجة حرارته ، واذا كانت هذه الرياح محملة ببخار الماء وانخفضت درجة حرارتها أثناء هبوبها فانها تسقط الأمطار ، أما اذا كانت آتية من جهات جافة كالصحارى مثلا فلا تسقط أمطارا .

وتتأثر درجة الحرارة في مختلف البقاع تأثيرا شديدا بالتغير في اتجاه الرياح ، وتتابع الكتل الهوائية . فهذه وتلك مسئولتان عن نقل الطاقة من المناطق المدارية الغنية بها ، الى المناطق التى تفتقر اليها مثل المناطق القطبية والباردة . كما تقوم الرياح بنقل الحرارة الكامنة من المسطحات المائية المدارية الى اليابس ، علاوة على وظيفتها المهمة في نقل الحرارة المحسوسة .

واذا كان للكتل الهوائية والرياح الدائمة السائدة كالرياح العكسية والتجارية والقطبية تأثيراتها المهمة فوق مساحات شاسعة ، كل منها في مجالات هبوبها في نصفى الكرة ، فان للرياح المحلية تأثيراتها البينة في المناطق المحدودة المساحات التى تهب عليها ، ويقتصر هبوبها على فصول معينة من السنة ، ويتصف بعضها بارتفاع الحرارة ، وبعضها الآخر بالبرودة .

#### سادسا - الغطاء النباتى :

يساعد الغطاء النباتى على تعديل درجات الحرارة . فكلما زادت كثافته كلما أدى ذلك الى تلطيف حرارة الجو . ذلك أن النبات ينظم اكتساب سطح الأرض للاشعاع الشمسى ، وفقدانها للحرارة بالاشعاع الأرضى . فالنبات يمتص بعض الاشعاع ، كما أن عملية النتج تزيد كمية بخار الماء في الجو . وعكس ذلك نجده في المناطق الصحراوية الجرداء ، حيث يسقط الاشعاع الشمسى على أرض عارية مكشوفة فيلهبها ، ويصبح جوها حارا بالاشعاعين الشمسى والأرضى ، وذلك لغياب الغطاء النباتى المنظم والملطف والملطف للحرارة .

#### التغير الرأسى في درجة الحرارة :

تنخفض درجة الحرارة كلما ارتفعنا الى أعلا في الأغلب الأعم ، وذلك بمعدلات تتباين بحسب الحالة الجوية السائدة ، وتبعاً لمدى الارتفاع . والشواهد على ذلك كثيرة ، يشعر بها المتسلق للمناطق العالية ، الى أن يصل الى أعالى الجبال الشاهقة حيث يرى قلعنسات جليدية تغطى قممها .

#### ويرجع ذلك للأسباب الآتية :

١ - انقطاع الصلة بين كتلة الهواء الصاعد وبين المصدر المباشر لتزويدها بالطاقة الحرارية ، وهو سطح الأرض ، عن طريق اشعاعه الحرارى الذى يقوم بتسخينها حينما تكون ملاصقة له أو قريبة منه .



٢ - تقل المواد العالقة في الجو كلما ارتفعنا ، لأن سطح الأرض هو المصدر الرئيسي لتلك المواد العالقة ولعناصر الجو من الغازات الثقيلة ومنها ثاني أكسيد الكربون وكلها عوامل معاونة في تسخين الجو كما قدمنا .

٣ - انخفاض وزن الهواء ، ومن ثم ضغطه كلما ارتفعنا ، وذلك لتخلخله . وتبعاً لذلك تنخفض حرارته ، لأن حركة ذراته تقل ، وبالتالي يتناقص اصطدامها ببعض ، مما يقلل من الطاقة الحرارية الناشئة عن التصادم .

#### عدم انتظام تبريد الهواء بالارتفاع :

يعرف معدل انخفاض درجات الحرارة بالارتفاع باسم معدل التناقص الحراري الذاتي أو التبريد الذاتي **Adiabatic Lapse Rate** ويتباين هذا المعدل من وقت لآخر ومن منطقة لأخرى تبعاً لجفاف الهواء أو رطوبته. ولذلك فهناك ما يعرف بمعدل التبريد أو التناقص الحراري الذاتي الجاف **Dry Adiabatic Lapse Rate** وما يسمى بمعدل التبريد الذاتي الرطب **Saturated Adiabatic Lapse Rate** .

#### معدل التبريد الذاتي الجاف :

الحالات التي يشيع فيها معدل التناقص الحراري الذاتي الجاف حالات قليلة ، تقتصر على الطبقات السفلى من التروبوسفير في الصحاري الجافة . ومعدل التبريد بالارتفاع في هذه الحالات يكون ثابتاً ، ويساوي  $1^{\circ}\text{C}/100\text{m}$  (حوالي درجة مئوية واحدة) لكل ارتفاع مقداره مائة متر . ويرجع ثبات معدل التبريد الذاتي الجاف إلى أن أي كتلة جافة من الهواء حينما تصعد تنقطع صلتها بالأشعاع الأرضي الذي يزودها بالحرارة ، كما أنها تصبح في شبه عزلة من مصادر الطاقة الأخرى كبخار الماء، ولذلك فإنها تفقد باستمرار ارتفاعها قسماً من طاقتها الذاتية الخاصة ، فتتناقص حرارتها بمعدلات مستقرة ثابتة .

#### معدل التبريد الذاتي الرطب :

يعتبر معدل التناقص الذاتي الرطب هو التناقص المسائد في الغلاف الجوي ، وهو يعادل  $0.6^{\circ}\text{C}/100\text{m}$  لكل ارتفاع مقداره ١٠٠ متر . وسبب انخفاض معدل التبريد الرطب ، أن الهواء الرطب الذي يرتفع إلى أعلى ، يبرد ، فتؤدي برودته المستمرة إلى تكاثف بخار الماء الموجود به على دفعات تدريجية ، فتنتطلق الحرارة الكامنة به إلى الهواء، فتعوض قسماً من الحرارة التي يفقدها بالارتفاع ، أي يؤدي انطلاق الحرارة الكامنة في بخار الماء المتكاثف إلى تقليل معدل التبريد الذاتي للهواء بالارتفاع .



والواقع أن معدل التبريد الذاتى الرطب غير مستقر ولا ثابت مثل معدل التبريد الذاتى الجاف ، لأنه يتغير كثيرا لاختلاف نسبة الرطوبة ، ومدى سرعة الكتل الهوائية الصاعدة من مكان لآخر .

هذا ويطلق على معدلات التبريد الذاتى الجاف والرطب اسم معدلات التبريد الذاتى العادى Normal Adiabatic Lapse Rate . أما معدل التبريد الذاتى الحقيقى Actual Adiabatic Lapse Rate فيتم رصده فى مكان معلوم رصدا تفصيليا ، بحيث تقاس حرارة الهواء رأسيا فوق المكان خلال فترة معينة .

### الانقلاب الحرارى :

حينما تزداد درجة الحرارة أحيانا بالارتفاع يسمى ذلك الانقلاب الحرارى Temperature Inversion . وغالبا ما يحدث الانقلاب الحرارى حتى ارتفاع يصل الى نحو كيلو متر واحد ، ثم تعود الحرارة فوق ذلك الى النقصان بالارتفاع . وكما يدل الاسم فان هذه الظاهرة المناخية تمثل انقلابا فى الاتجاه العام لتناقص درجة الحرارة ، ذلك أن تناقص الحرارة بالارتفاع هو القاعدة ، والانقلاب هو الشذوذ .

ويمكن تمييز الحالات التى يحدث بسببها الانقلاب الحرارى فيما يلى :

١ - برودة سطح الأرض : فى ليالى الشتاء الباردة ، خصوصا حينما تصفو السماء ، وتخلو من الغيوم ، وتهب الرياح ، وتسود فترات السكون . حينئذ يشتد ساعد الاشعاع الأرضى وينفذ بسهولة الى الفضاء فيبرد سطح الأرض كثيرا ، بينما الهواء الساكن من فوقه يكون محتفظا بحرارته . ولذلك نلاحظ ازدياد فى درجات حرارة الهواء بالارتفاع عن سطح الأرض البارد . ويكثر حدوث الانقلاب الحرارى فى شتاء الأقاليم المعتدلة والباردة ، حين يكون النهار قصيرا والليل طويلا .

وعلى الرغم من أن سمك طبقة الهواء التى تتأثر عادة بالانقلاب الحرارى يحوم حول كيلو متر واحد ، فان هذا السمك يتباين تبعا لعوامل محلية أهمها مدى طول الليل ، ومقدار سرعة الرياح ، ونسبة بخار الماء فى الجو ، ونسبة التبخير ونوعه . فهذه الطبقة تزداد سمكا كلما طال الليل (بسبب ازدياد فترات الاشعاع الأرضى) ، وكلما قلت نسبة التبخير وانخفضت الرطوبة ، ولهذا نجد هذه الطبقة سميكة فى داخلية القارات ، ورقيقة فوق الأراضى الرطبة والمسطحات المائية حيث تعمل كثرة السحب وبخار الماء على حفظ الاشعاع ومنعه من الهروب الى الفضاء .

ولما كان هذا الانقلاب الحرارى يحدث بسبب فقدان سطح الأرض

• لحرارته بواسطة الاشعاع الارضى ، فانه يعرف أحيانا بالانقلاب الاشعاعى  
• **Radiation Inversion**

٢ - عند حدوث نسيم الجبل ، ويتم ليلا ، حيث يبرد الهواء الذى يغلف قمم الجبال ، فيزداد كثافة وثقلا ، وتبعاً لذلك ينزلق بامتداد سفوح الجبال نزلاً الى بطون الأودية عند أسافل الجبال ، ويتراكم فيها ، ولهذا تنخفض حرارة بطون تلك الأودية ، بينما يتحرك الهواء الدافئ ويعلوه . وبذلك يحدث الانقلاب الحرارى . فيكون الهواء فى بطون الوديان الجبلية بارداً ، ويزداد دفء بالارتفاع . ويغيد سكان الجبال من تلك الظاهرة ، فيقومون بتسوية السفوح الجبلية فى مدرجات يزرعونها بالأشجار المثمرة والمحاصيل التى تتطلب الدفء ، والتى يضرها الصقيع ، ويتجنبون زراعتها فى الوديان المنخفضة التى تتعرض لتكوين الصقيع ليلاً .

٣ - حينما تتقابل كتل هوائية مختلفة الخصائص الحرارية فيتتحرك الهواء البارد الأثقل والأثقل أسفل الهواء الأكثر حرارة والأقل كثافة ، وبذلك يحدث انقلاب حرارى فتزداد الحرارة بالارتفاع . ويعرف هذا الانقلاب باسم انقلاب الجبهة أو الانقلاب الحرارى الجبهوى **Frontal Inversion** نسبة الى الجبهة الهوائية التى تمثل الحد الفاصل بين الكتلتين الهوائيتين الباردة السفلى والساخنة التى تعلوها .

٤ - حينما يكون سطح الأرض مغطى بالجليد ، وتهب عليه كتل هوائية دافئة . حينئذ ينقلب التتابع الحرارى الراسى ، فيصبح الهواء الملامس للجليد بارداً ، وتزداد الحرارة بالارتفاع عنه الى مستويات تتناسب مع سمك كتل الهواء الدافئ . ويكثر حدوث هذا النوع من الانقلاب الحرارى لأقاليم العروض العليا التى تتعرض لهبوب كتل هوائية مدارية بحرية دافئة .

٥ - حينما يهب هواء دافئ فوق التيارات البحرية الباردة ، وتتأثر المستويات السفلى لهذا الهواء ببرودة مياه التيار ، ويبقى ما فوقها من مستويات دافئة ، ومن ثم تتدرج مستويات الهواء فوق مياه التيار من البرودة الى الدفء كلما ارتفعنا .

٦ - هبوط كتل هوائية باردة من طبقات الجو العليا وانسيابها أسفل الهواء الدافئ ، ويحدث هذا النوع من الانقلاب الحرارى فى الجهات المعتدلة بحلول أصداد الأعاصير أو المرتفعات الجوية التى يشيع فيها هبوط التيارات الهوائية . ويسمى هذا النوع من الانقلاب الراسى فى الحرارة باسم الانقلاب الحرارى بسبب الهبوط .

## الفصل الخامس

### الضغط الجوي

#### وعلاقته بالدورة الهوائية العامة

- تعريف الضغط الجوي .
- العوامل المؤثرة في الضغط الجوي .
- أجهزة قياس وتسجيل الضغط الجوي .
- تناقص الضغط الجوي ، وتغير معدلاته بالارتفاع .
- خطوط الضغط الجوي المتساوي .
- الضغط الجوي والدورة الهوائية العامة .
- المناطق الرئيسية للضغط الجوي .
- التوزيع الحقيقي للضغط الجوي .
- انحدار الضغط الجوي وعلاقته بنشأة الرياح .
- اقتران مراكز تجمع الهواء وتفرقه بمراكز الضغط الجوي المنخفض والمرتفع .
- التوزيع الجغرافي للضغط الجوي صيفا وشتاء في نصف الكرة الشمالي والجنوبي .





## الضغط الجوى :

الهواء كسائر المواد له وزن وثقل معين ، ويمكنك أن تثبت ذلك عن طريق وزن زجاجة مملوءة بالهواء ثم وزنها بعد تفريغ الهواء منها . فتجد أن وزنها في الحالة الاولى اكبر من وزنها في الحالة الثانية . وكلما كان الجسم ثقيلًا كلما كان ضغطه كبيرًا ، والعكس صحيح .

## قياس الضغط الجوى :

ويعرف مقدار وزن الهواء فوق أى مكان (بالضغط الجوى) وهو يعادل عمود من الزئبق ارتفاعه ٧٦ سنتيمترا أو ٣٠ بوصة ، ويحسب متوسطه اما بالسنتيمتر أو المليمتر أو بالبوصة وأجزائها ، أو بالمليبار (وهو يساوى ٧٥ ر من المليمتر أو ٣ ر من البوصة تقريبا) . وتبعًا لذلك يكون ضغط الهواء على سطح الأرض كبيرًا عند مستوى سطح البحر، ويقل تبعًا للارتفاع وذلك لتناقص ثقل الهواء بالارتفاع لتخلخله ، وقلة كثافته في الطبقات العليا عنه في الطبقات السفلى .

## العوامل المؤثرة في الضغط الجوى.

هناك عدة عوامل تؤثر في الضغط الجوى هي :

### ١ - درجة الحرارة :

فإذا ارتفعت تمدد الهواء وخف وزنه وانخفض ضغطه ، والعكس صحيح ، لذلك يكون الضغط مرتفعًا في الصباح والشتاء لانخفاض الحرارة، ومنخفضًا عند الظهر وأثناء الصيف لارتفاع الحرارة . ولهذا فإن توزيع الحرارة على سطح الأرض من أهم العوامل التى تتحكم في توزيع الضغط الجوى .

### ٢ - كمية بخار الماء العالق بالجو :

من المعروف أن بخار الماء أخف من الهواء في الطبقات السفلى من الغلاف الجوى . فإذا كثرت الهواء خف وزنه وانخفض ضغطه ، وإذا قل وجوده في الهواء ارتفع الضغط .

### ٣ - حركة الهواء الراسية :

فإذا كان الهواء صاعدًا ، تخلخل وانخفض ضغطه ، كما يحدث في

النطاق الاستوائى ، واذا كان الهواء هابطا تضغط وارتفع ضغطه لازدياد ثقله ، كما يحدث فى النطاقات المدارية .

#### ٤ - الارتفاع عن مستوى سطح البحر :

فكلما زاد الارتفاع كلما نقص وزن الهواء وقل ضغطه ، بسبب تناقص سمك الغلاف الجوى ، وتخلخل الهواء وقلة كثافته .

#### ٥ - توزيع اليابس والماء :

ينخفض الضغط على اليابس نهارا وصيفا ، وعلى المسطحات البحرية والمحيطية ليلا وشتاء ، والعكس صحيح . وذلك لان توزيع اليابس والماء يؤثر فى درجة الحرارة ، وهذه تؤثر بدورها فى الضغط . لذلك يختلف الضغط على اليابس والماء فى نفس خطوط العرض . وهذا واضح جدا فى النصف الشمالى فى يوليو بين خطى عرض ٤٠ - ٧٠ درجة شمالا حيث يزداد تداخل اليابس والماء .

### أجهزة قياس الضغط الجوى وتسجيله

يقدر الضغط الجوى بواسطة :

١ - البارومتر الزئبقى      ٢ - البارومتر المعدنى .

وهما جهازان للقياس .

٣ - الباروجاف : وهو جهاز للتسجيل .

البارومتر الزئبقى :

يتكون البارومتر الزئبقى كما فى شكل رقم ( ٣١ ) :

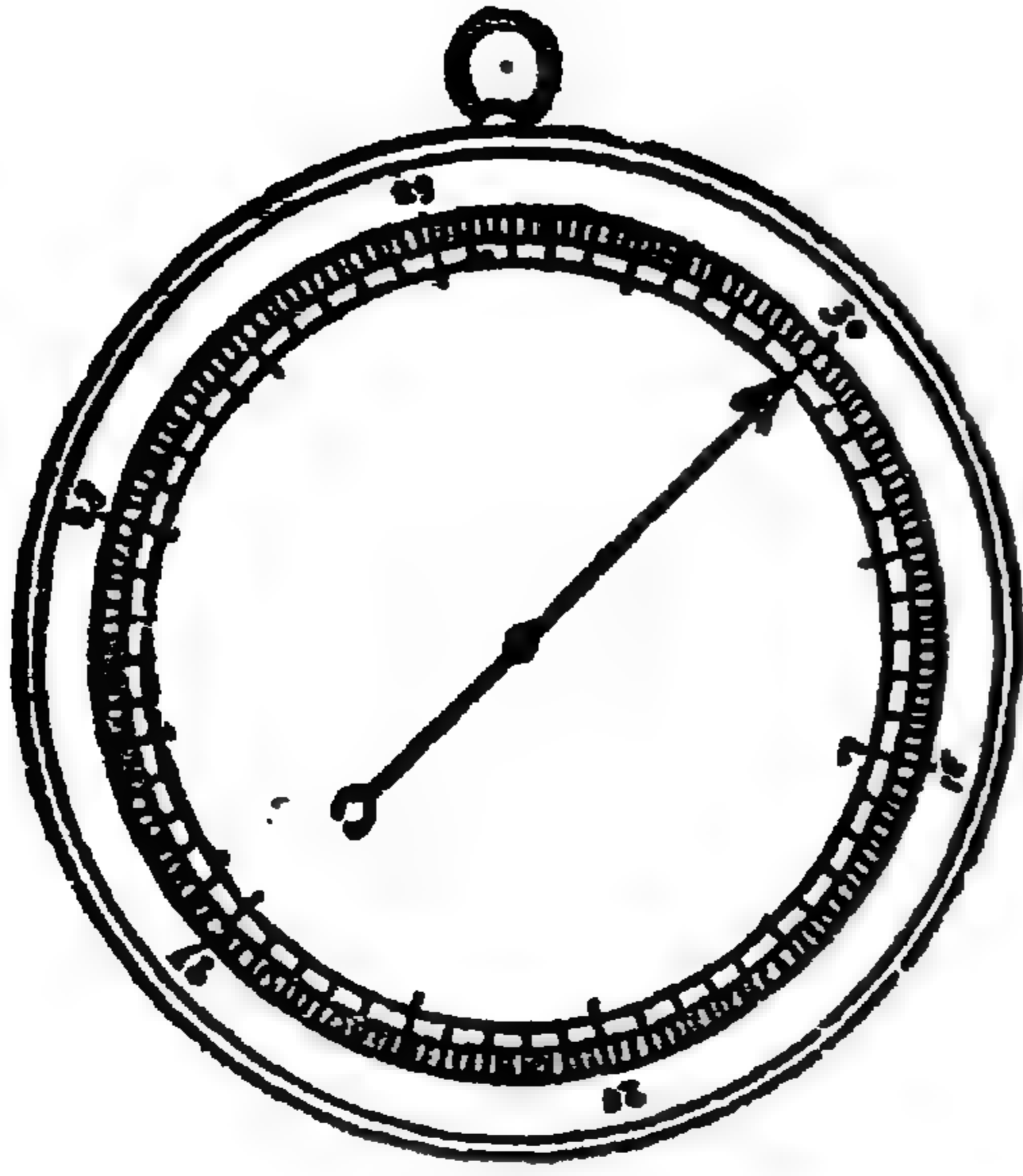
أ - أنبوبة بها زئبق طرفها الاعلى مقفل ، وطرفها الاسفل مفتوح ومنكس فى حوض به زئبق .

ب - حوض به زئبق سطحه معرض للجو .

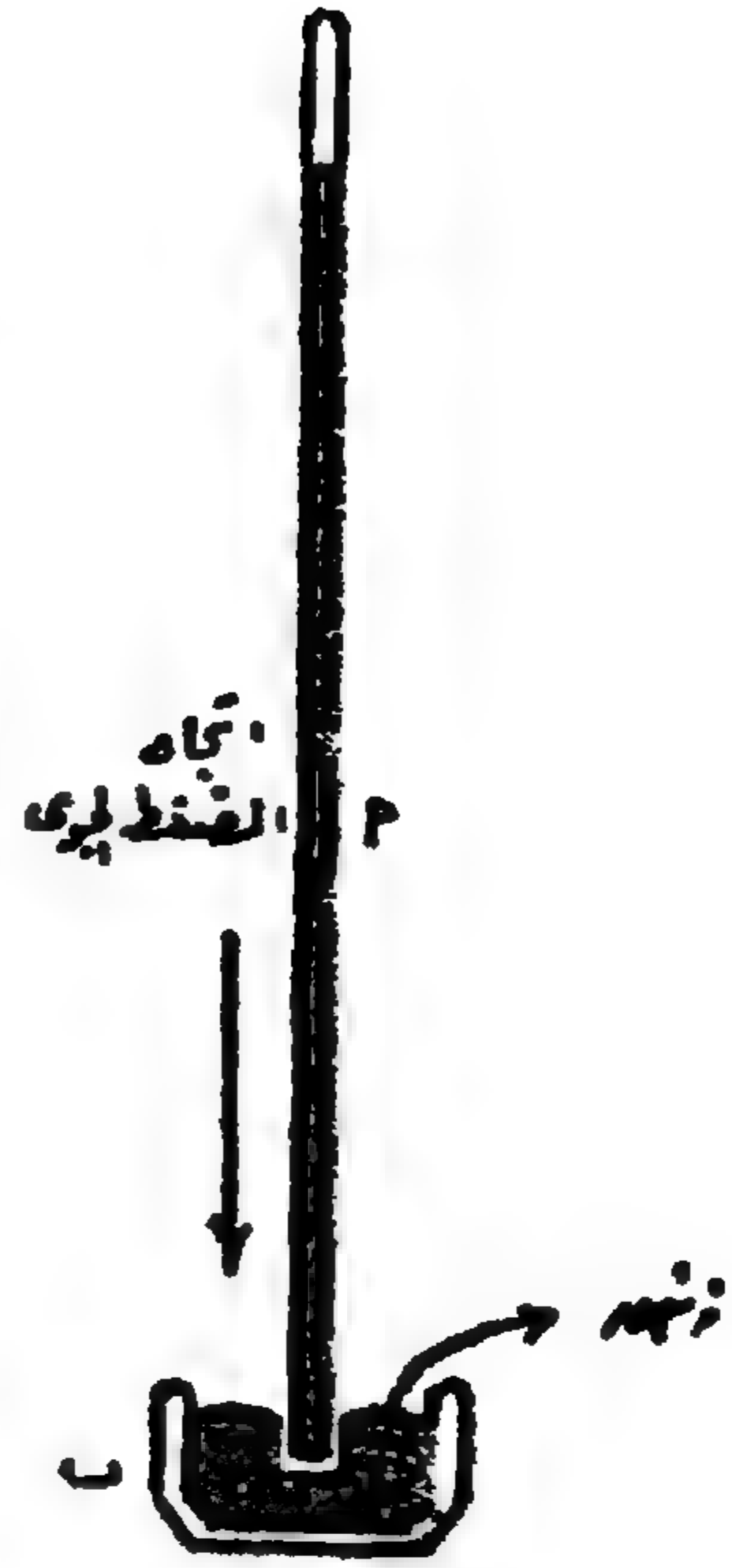
وكلما زاد الضغط الجوى على سطح الحوض ارتفع الزئبق فى الأنبوبة . ويحدث العكس اذا انخفض الضغط الجوى .

أما البارومتر المعدنى :

فهو يشبه الساعة شكل رقم ( ٣٢ ) وهو عبارة عن صندوق معدنى مستدير ، تستخدم به صفائح معدنية مفرغة من الهواء ، تتأثر بالضغط الجوى فتحرك المؤشر الذى يبين مقدار الضغط الجوى على قرص مدرج .



شكل (٣٢) البارومتر المعدنى



شكل (٣١) البارومتر الزئبقي

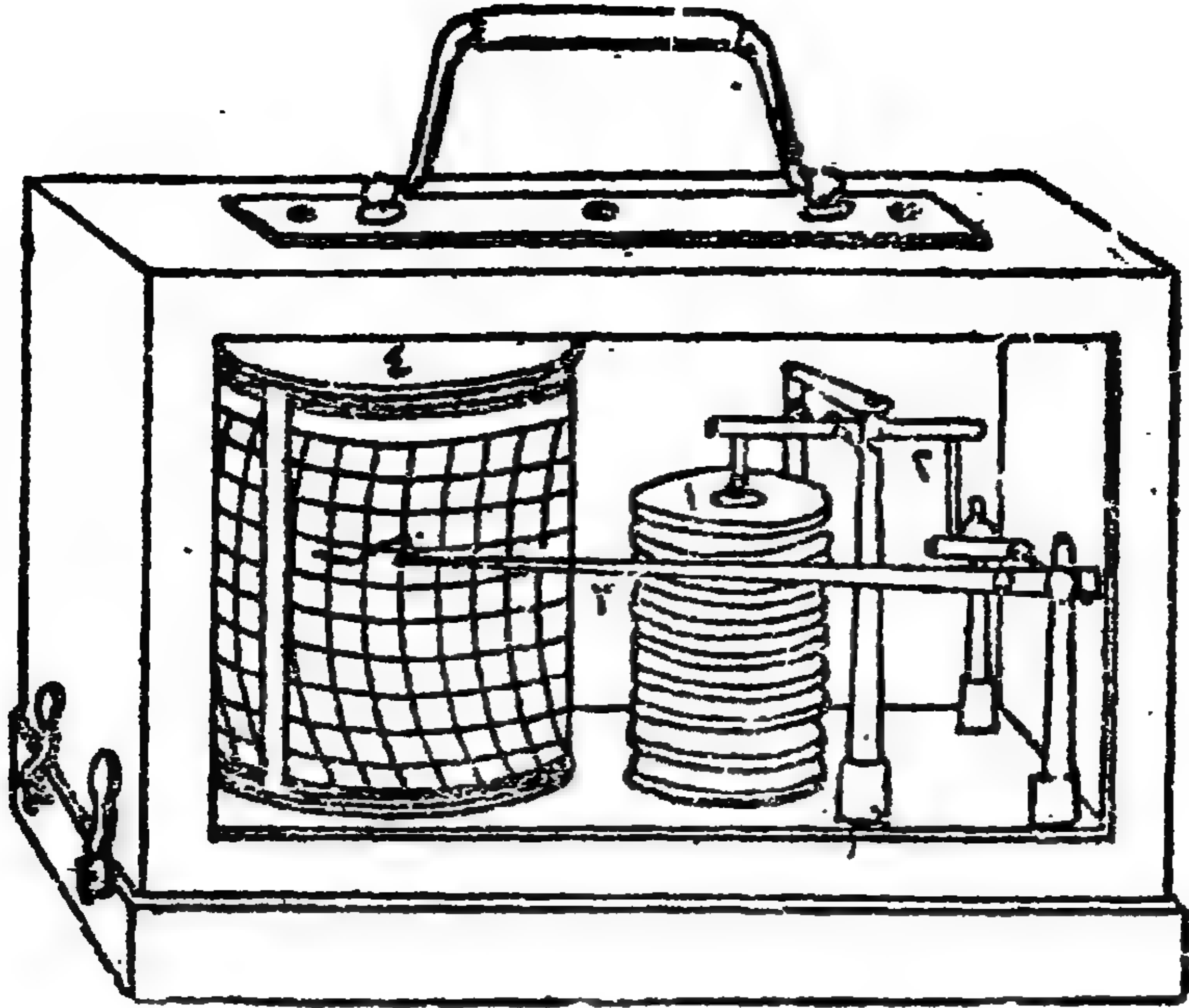
### جهاز الباروجراف :

ويتركب جهاز الباروجراف الذى يسجل بنفسه الضغط الجوى مما يأتى  
شكل رقم (٣٣) :

- ١ - صفائح معدنية تتأثر بالضغط الجوى ، فتتحرك الى أسفل اذا زاد الضغط ، وإلى أعلى اذا قل هذا الضغط .
- ٢ - عدة روافع تنقل حركة الصفائح الى ذراع متصل بها .
- ٣ - ذراع فى نهايته ريشة ، ويتحرك الذراع تبعاً لحركة الصفائح فيرتفع الى أعلى أو الى أسفل .
- ٤ - أسطوانة تدور بواسطة ساعة دورة كاملة كل أسبوع، ويثبت عليها ورقة بيانية خاصة ، ترسم عليها الريشة خطاً يبين سير الضغط الجوى خلال الأسبوع .

### كيفية اعداد الباروجراف للاستعمال :

يتبع فى اعداد الباروجراف للاستعمال نفس الخطوط التى اتبعت فى اعداد جهاز الترموجراف .



شكل رقم (٣٣) جهاز الباروجراف (مسجل الضغط الجوى)

#### خطوط الضغط المتساوى :

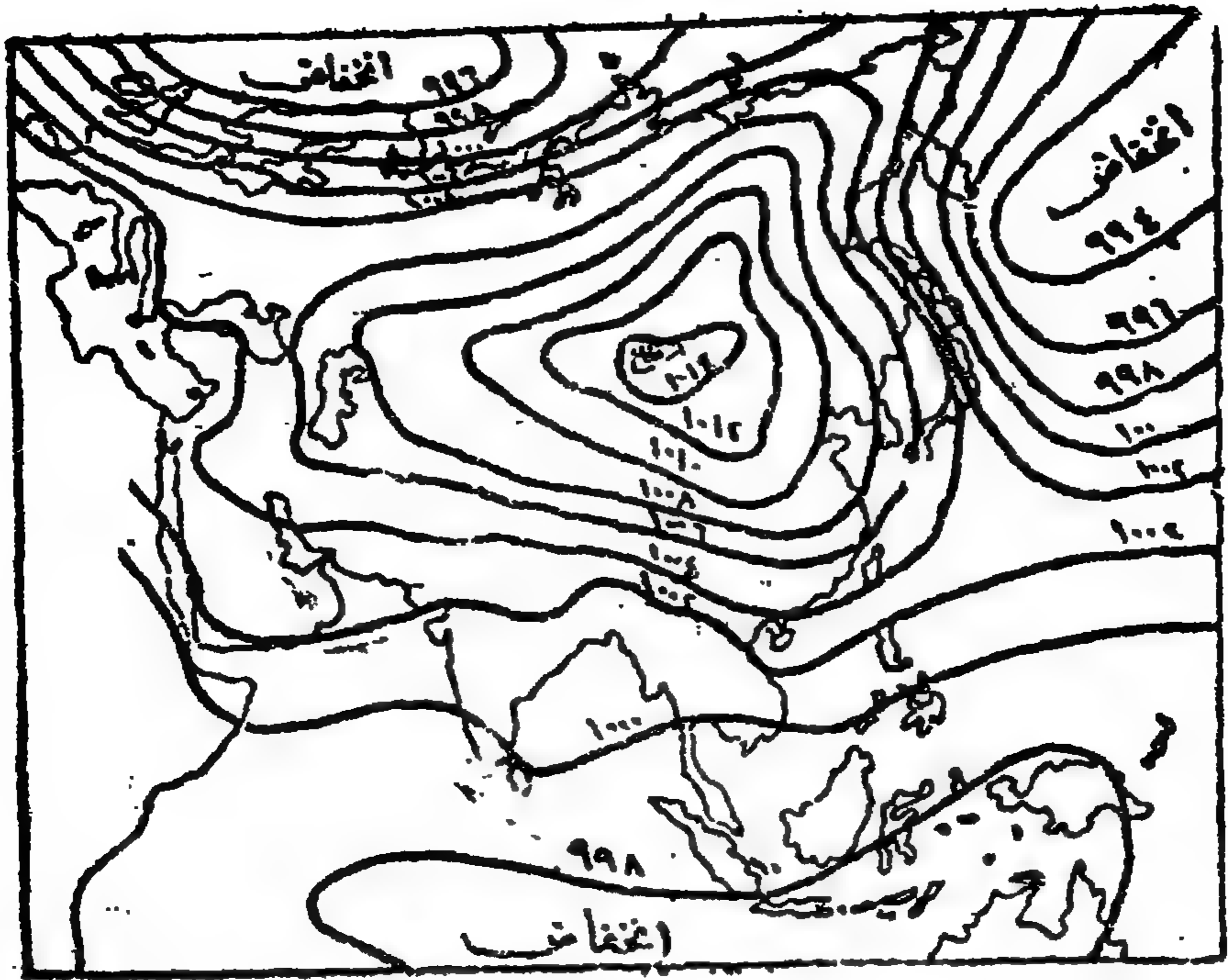
وهى الخطوط التى تصل بين الاماكن التى يتساوى فيها الضغط الجوى فى ساعة معينة من اليوم كما هو الحال فى خرائط الطقس ، أو فى شهر أو فى سنة ، وذلك بعد تعديله الى مستوى سطح البحر ، كما هو الحال فى خطوط الحرارة المتساوية ، حيث أن الضغط يقل بالارتفاع بمقدار مليمبار واحد لكل ارتفاع مقداره ١٠ - ١٢ متر وذلك فى الطبقة السفلى من الغلاف الجوى .  
(أنظر شكل رقم ٣٤ ، ٣٥) .

وخطوط الضغط المتساوى Isobars مهمة بصفة خاصة فى دراسة خرائط الطقس Synoptic Maps التى تستعمل فى تحليل أحوال الطقس والتكهن بظروف الجو ، لأنها ذات ارتباط مباشر بحركة الرياح وسرعتها واتجاهها ، كما أنها تشير الى نشأة الجبهات والعاصير .

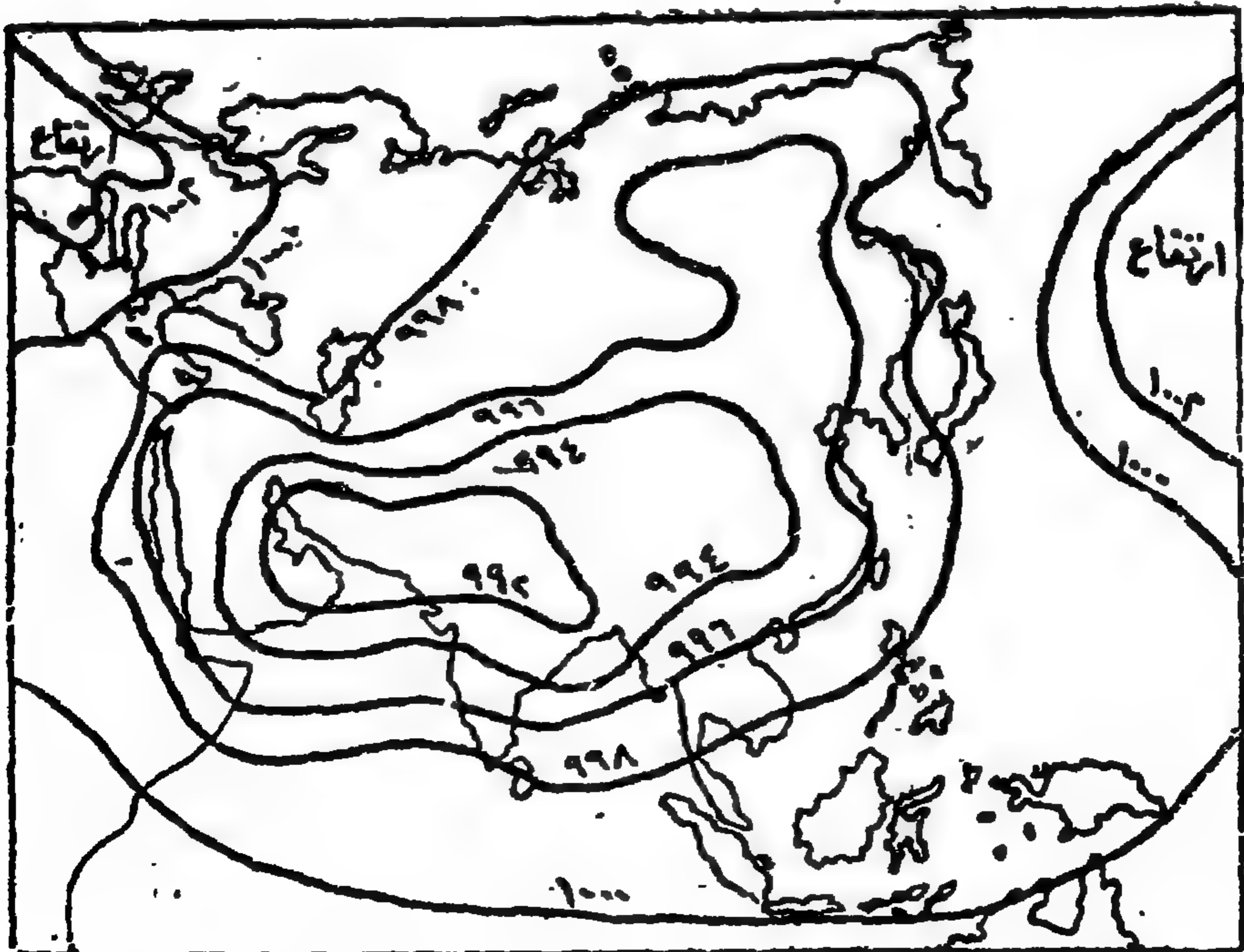
#### تناقص الضغط الجوى وتغير معدلاته بالارتفاع :

يتناقص الضغط الجوى رأسياً بالارتفاع عن منسوب سطح البحر ، لأن وزنه يقل بسبب تناقص سمك الغلاف الجوى من جهة ، وتخلخل الهواء ، وقلة كثافته من جهة أخرى . غير أن معدل تناقص الضغط الجوى بالارتفاع يتغير بين منسوب ارتفاع وآخر فى الغلاف الجوى ، كما يتغير تبعاً للتباين فى درجات الحرارة ، والتنوع فى اتجاهات الرياح .





شكل رقم (٣٤) خطوط الضغط المتساوي على قارة آسيا (شتاء)

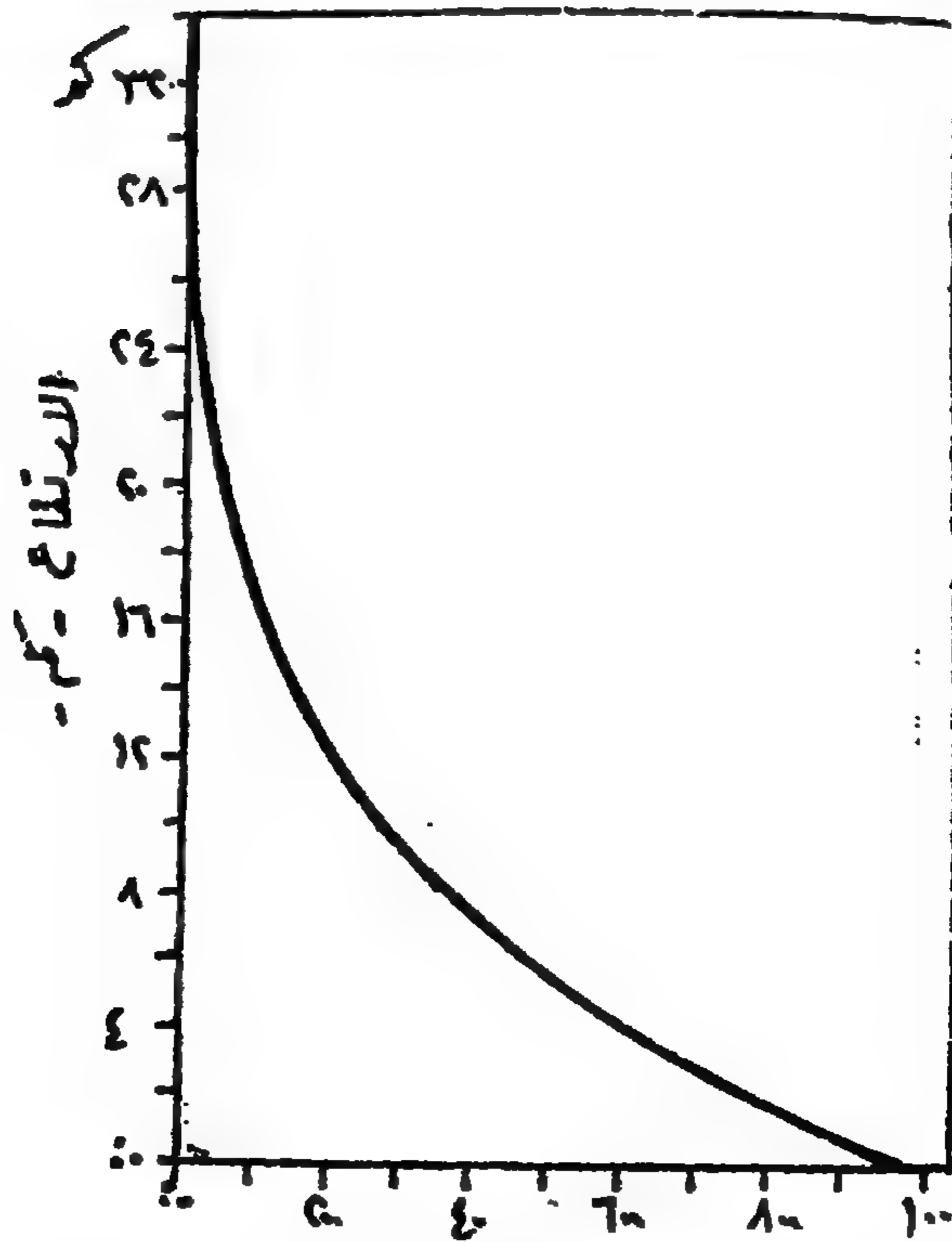


شكل رقم (٣٥) خطوط الضغط المتساوي على قارة آسيا (صيف)

وقد وجد أن الضغط الجوى يتناقص بالارتفاع بمعدل سريع فى طبقات الجو السفلى ، ثم يقل فى الطبقات العليا ، لأن الهواء فيها يتألف من غازات خفيفة ومخلطة جدا .

وتتضح تلك الحقيقة من الجدول الآتى :

مقدار الضغط الجوى بالمليبار	بمقدار الارتفاع عن سطح البحر بالمتر
١٠١٣	منسوب البحر
٧١٣	٣٠٠٠
٥٠٣	٦٠٠٠
٣٢٣	٩٠٠٠
٢٠٣	١٢٠٠٠
١٤٣	١٥٠٠٠
١٠١	١٦٠٠٠

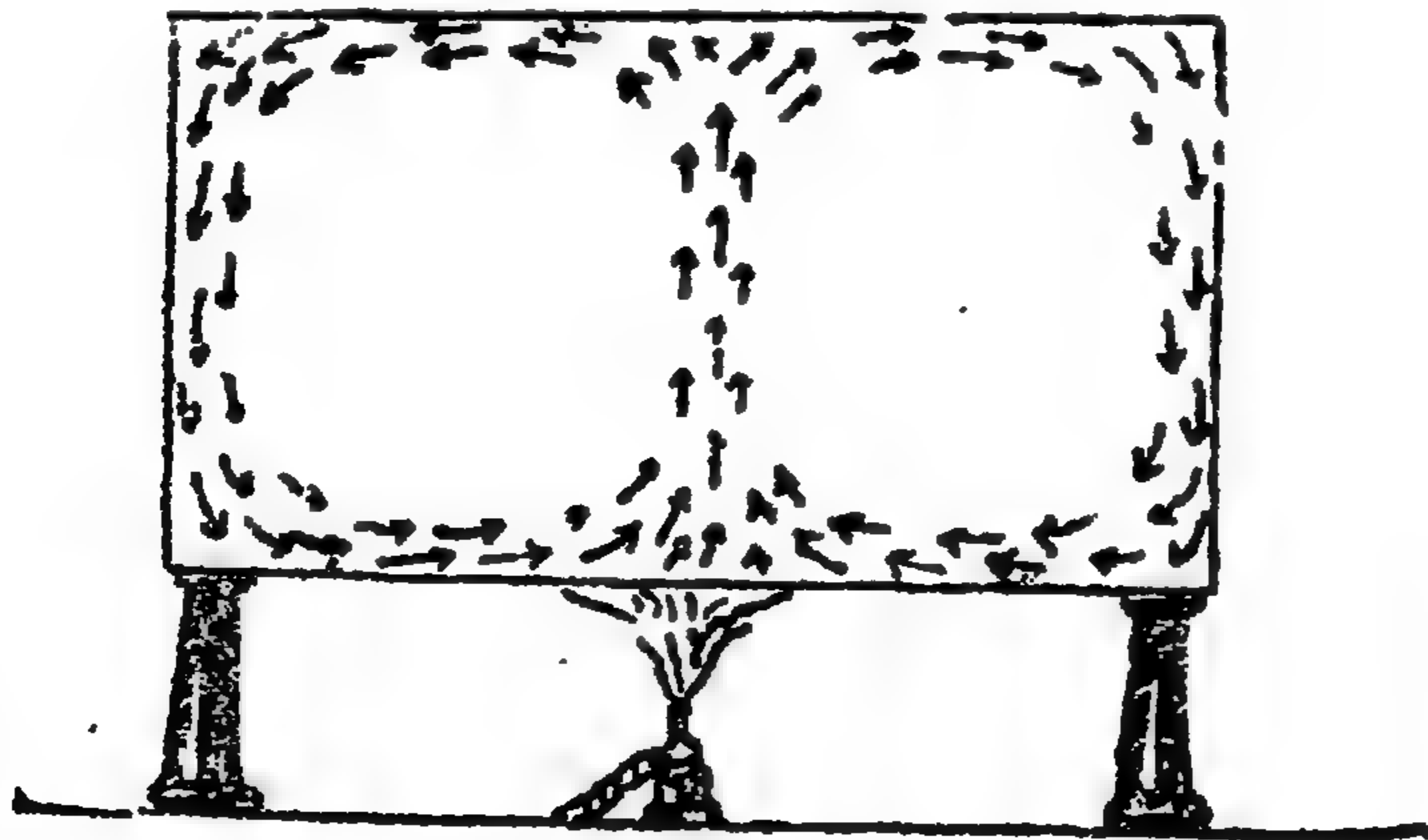


شكل رقم (٣٦) تناقص الضغط الجوى بالارتفاع

ويتضح من الجدول أن نصف وزن الغلاف الجوى يقع بين منسوب البحر وارتفاع ٦٠٠٠ متر . ولا يزيد الضغط الجوى على ارتفاع ١٦٠٠٠ متر عن عشر الضغط الجوى عند منسوب البحر . ويتناقص الى واحد من مائة (٠.٠١) على ارتفاع ٣١ كم ، والى واحد من ألف (٠.٠٠١) على ارتفاع ٤٨ كم .

أما معدل التناقص فى طبقة التروبوسفير ، فيبلغ فى المتوسط ملليبار واحد لكل ١١ متر على وجه التقريب .

أجر التجربة الآتية لمعرفة مدى العلاقة بين الضغط الجوى والدورة الهوائية العامة . فالشكل رقم (٣٧) يمثل صندوقاً زجاجياً مملوئاً بالماء ، وضع تحته جهاز اشتعال فى منتصفه . فبنشأ عن ذلك تحرك المياه فى هيئة تيارات مائية ، الساخن منها يصعد الى أعلى ، والبارد منها يهبط الى أسفل . والهواء على سطح الأرض مثل الماء فى الصندوق الزجاجى ، وجهاز الاشتعال يمثل الشمس التى ترسل أشعتها عمودية على الجهات الاستوائية ، وعن طريق تأثير درجة الحرارة ينخفض الضغط الجوى على هذه الجهات عن الضغط الواقع على الجهات الواقعة حول خطى عرض ٣٠° شمالاً وجنوباً ، فتحدث دورة هوائية عامة تشمل العالم بأكمله .



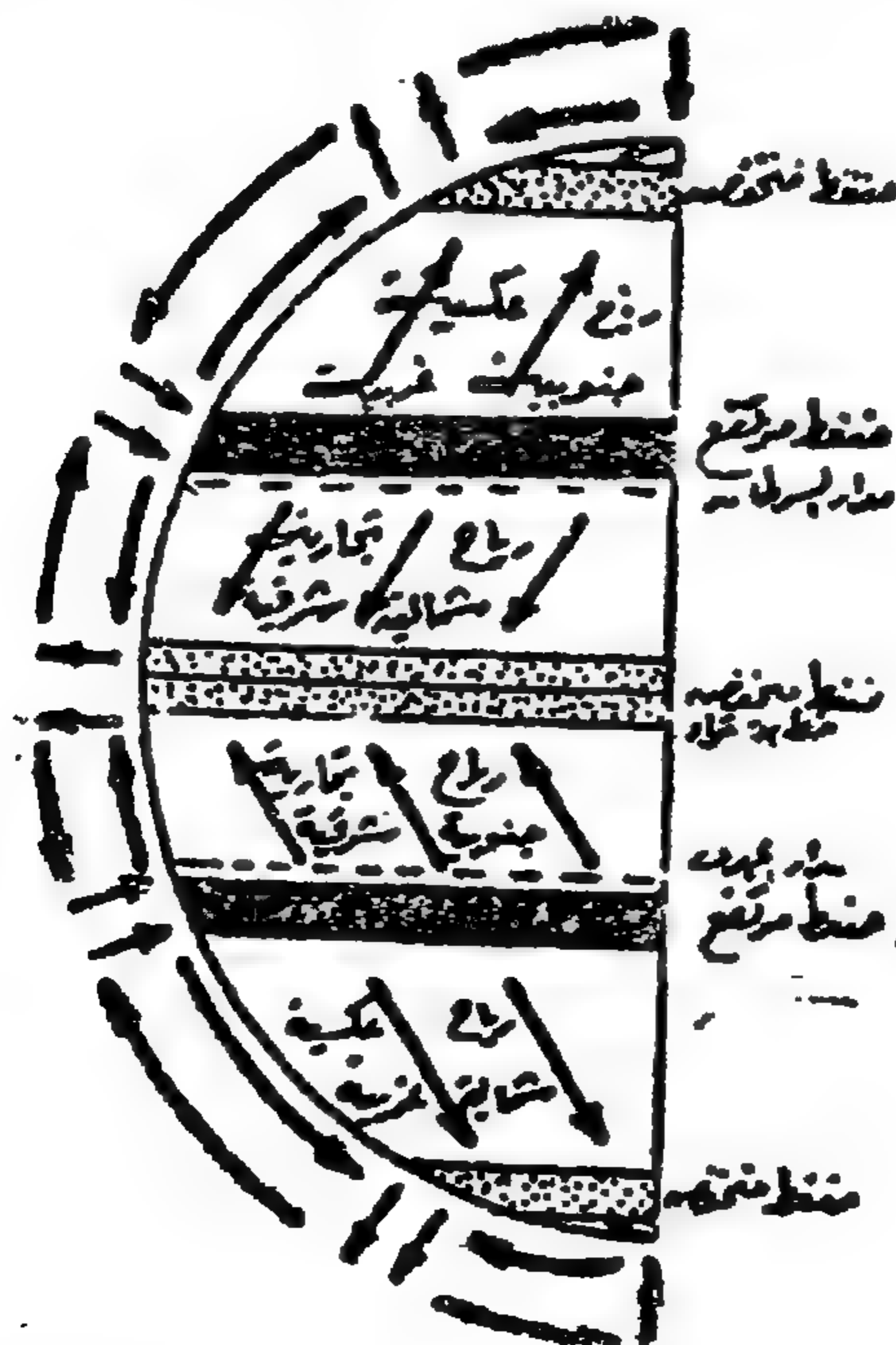
شكل رقم (٣٧) تحرك التيارات نتيجة لارتفاع درجة الحرارة

ذلك أن الهواء عند المنطقة الاستوائية يسخن وتزيد كمية بخار الماء فيه بسبب كثرة التبخر ، ومن ثم تقل كثافته ، وينخفض وزنه ، ومن ثم ضغطه . وتنشط التيارات الهوائية الصاعدة ، ويرتفع الهواء الى طبقات الجو العليا ، فينتج عنه قسم منه نحو الشمال وقسم آخر نحو الجنوب فى شكل رياح عليا .

لكن انتقاله في الطبقات العليا الباردة يؤدي الى برودته وتكاثف جزء من بخار الماء فيه، وعندئذ تزداد كثافته ، ويرتفع وزنه ومن ثم ضغطه . فيهبط جزء منه نحو سطح الأرض حول خط عرض ٣٠° شمالا وجنوبا (عروض الخيل) . وينشأ عن ذلك تشكيل منطقتين للضغط المرتفع احدهما في النصف الشمالي والثانية في النصف الجنوبي . بينما يتابع الجزء الباقي من الهواء تحركه في الطبقات العليا متجها نحو القطبين . وهناك تشتد برودته ، ويزداد ضغطه ، فيهبط عندها على شكل تيارات هوائية هابطة تساعد في تكوين منطقتين من الضغط المرتفع .

وتتشعب التيارات الهابطة عند كل من خطي عرض ٣٠° شمالا وجنوبا الى شعبتين قرب سطح الأرض ، تتجه احدهما نحو خط الاستواء على شكل رياح سطحية هي التي تعرف بالرياح التجارية أو الشرقية ، وتتجه الشعبة الأخرى نحو كل من الدائرتين القطبيتين على شكل رياح سطحية أيضا تعرف بالرياح العكسية أو الغربية .

أما التيارات الهابطة عند القطبين فتتجه في هيئة رياح سطحية نحو كل من الدائرتين القطبيتين هي الرياح القطبية . وتتقابل الرياح القطبية مع الرياح العكسية بالقرب من كل من الدائرتين القطبيتين . وينشأ عن تقابلها



شكل رقم (٣٨) الدورة الهوائية ومناطق الضغط (قانون فرل)



تيارات هوائية صاعدة هي المسئولة بمع زيادة كمية بخار الماء في الهواء في تلك العروض ، عن تشكيل منطقتي الضغط المنخفض حول الدائرتين القطبيتين الشمالية والجنوبية .

وتتشعب هذه التيارات الصاعدة في طبقات الجو العليا ، فتنحدر شعباً منها نحو كل من القطبين ، حيث تبرد ويزداد ثقلها فتهبط الى سطح الأرض ، بينما تنحدر شعباً أخرى نحو كل من خطي عرض ٣٠° شمالاً وجنوباً حيث تبرد وتقل كمية الرطوبة بها فيزداد ثقلها وتهبط الى سطح الأرض . وتعرف هذه الدورة بدورة الهواء العامة حول الكرة الأرضية .

ومن الشكل رقم (٣٨) نتبين في الدورة الهوائية أربع مناطق تمتاز بالحركة الرأسية وهي تقع حول خط الاستواء ، وخط عرض ٣٠° ، ٦٠° تقريباً شمالاً وجنوباً ، ثم عند القطبين ، والهواء يصعد في الأولى والثالثة فيساعد على وجود ضغط منخفض ، ويهبط في الثانية والرابعة فيساعد على وجود ضغط مرتفع .

والخلاصة هي أنه يوجد على سطح الأرض مناطق ذات ضغط منخفض وأخرى ذات ضغط مرتفع ، وأن الرياح السطحية تهب من الضغط المرتفع الى الضغط المنخفض ، ومناطق الضغط المنخفض والمرتفع هذه تسمى بمناطق الرهو أو الركود لهدوء الهواء عندها ، حيث تكون حركة الهواء اما صاعدة أو هابطة .

### المناطق الرئيسية للضغط الجوي :

تتوزع مناطق الضغط على سطح الأرض كالآتي شكل رقم (٣٩) :

#### ١ - منطقة الضغط المنخفض حول خط الاستواء :

وهي التي تسمى بمنطقة الرهو الاستوائي Doldrun . وهي ذات ضغط منخفض لشدة حرارتها ورطوبتها وتياراتها الهوائية الصاعدة .

#### ٢ - منطقتان من الضغط المرتفع :

وتوجد احدها شمال مدار السرطان عند خط عرض ٣٠° شمالاً ، والاخرى جنوب مدار الجدي حول خط عرض ٣٠° جنوباً . وذلك بسبب التيارات الهوائية الهابطة الى سطح الأرض ، وبسبب جفاف الهواء أيضاً .

#### ٣ - منطقتان من الضغط المنخفض عند الدائرتين القطبيتين :

نتيجة للتيارات الصاعدة عن طريق تقابل الرياح الآتية من ناحية المدارين بالرياح الآتية من القطبين ، وايضا لرطوبة الهواء .



شكل رقم (٣٩) توزيع مناطق الضغط الجوي الرئيسية

٤ - منطقتان من الضغط المرتفع نوعا :

عند القطبين بسبب برودة الهواء وجفافه فوقهما وبسبب تياراتها الهوائية الهابطة .

التوزيع الحقيقي للضغط الجوي :

هذا وينبغي أن نشير إلى أن هذه المناطق جميعها تتزحزح نحو الشمال أو نحو الجنوب بمقدار يتراوح بين ٥ ، ١٠ درجات عرضية ، وذلك تبعاً لحركة الشمس الظاهرة بين المدارين ، وأنها تبلغ أقصى تزحزح لها في نصف الكرة الشمالي في شهرى يوليو وأغسطس ، وأقصى تزحزح لها في نصف الكرة الجنوبي في شهرى يناير وفبراير .

والواقع أن مناطق الضغط المشار إليها لا تمثل إلا التوزيع النظرى للضغط الجوى ، بافتراض أن سطح الكرة الأرضية كله متجانس ، أى أنه مكون إما من اليابس أو من الماء ، كما يفترض أيضاً أن الإشعاع الشمسى متعامد دوماً على دائرة الاستواء .

وهذا بالطبع مخالف للواقع . فسطح الأرض يتكون من يابس وماء ، وهما يتأثران بالحرارة بدرجات متفاوتة . كما أن توزيع اليابس والماء غير متكافئ في نصفى الكرة . أضف إلى ذلك تأثير عوامل أخرى محلية كشكل التضاريس والتداخل بين اليابس والماء . كل ذلك يؤدي إلى تمزق الصورة العامة لمناطق الضغط .

ويمكننا في ضوء ما تقدم أن نورد الملاحظات التالية :

- ١ - مناطق الضغط لا تثبت في مواضعها ، بل تنتقل شمالا وجنوبا تبعا لحركة الشمس الظاهرية .
- ٢ - مناطق الضغط في النصف الجنوبي أكثر انتظاما منها في النصف الشمالي ، بسبب التجانس الملحوظ في سطح النصف الجنوبي .
- ٣ - تختلف نظم توزيع الضغط فوق الكتل القارية تبعا لاختلاف الحرارة في فصول السنة ، وكذلك تبعا للتضاريس . بينما نجد نظم الضغط فوق المحيطات أكثر انتظاما .

### انحدار الضغط الجوي وعلاقته بنشأة الرياح :

يطلق على معدل تناقص الضغط الجوي بين مركز للضغط المرتفع ومركز للضغط المنخفض تعبير انحدار الضغط الجوي **Pressur Gradient** وعندما يرتفع الضغط في مكان ما عما يجاوره من أماكن ، يصبح هذا المكان «مركز ضغط جوي مرتفع» **High Pressure Center** وحينما يكون الضغط في مكان ما أقل منه فيما يجاوره من أماكن ، فإنه يعرف حينئذ باسم «مركز ضغط جوي منخفض» **Low Pressure Center** .

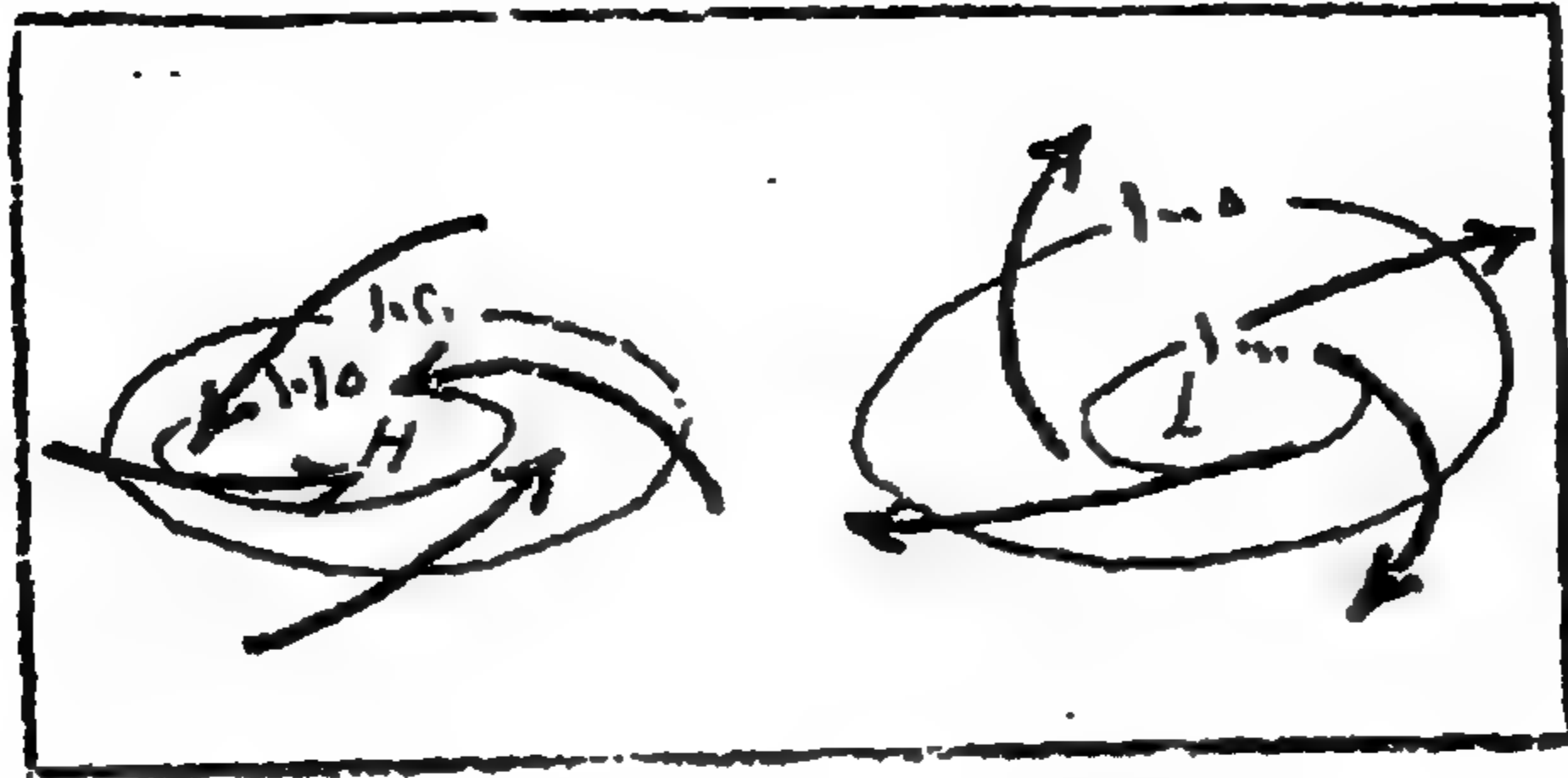
هذا التفاوت في توزيع مقادير الضغط الجوي هو الذي يحرك الهواء في صورة رياح . فالرياح تنتقل من مراكز الضغط المرتفع إلى مراكز الضغط المنخفض . وكلما كان انحدار الضغط كبيرا ، أي كلما كان معدل تناقص الضغط الجوي بين مركزي الضغط المرتفع والمنخفض سريعا ، كلما اشتدت حركة الرياح وازدادت سرعتها ، وحينما يكون انحدار الضغط هينا خفيفا ، تصبح حركة الرياح ضعيفة واتجاهاتها متغيرة .

ويظهر ذلك جليا على خرائط الطقس ، فحينما تتقارب خطوط تساوي الضغط ، يدل ذلك على شدة انحداره ، أما اذا تباعدت تلك الخطوط كان انحدار الضغط ضعيفا . وعادة ما ترسم خطوط تساوي الضغط على خرائط الطقس بفواصل قدره ٤ ملليبار تبدو متقاربة جدا في حالة شدة الانحدار . أما في الأحوال التي يكون انحدار الضغط فيها ضعيفا ، فإن خطوط الضغط ترسم بفواصل مقداره ٢ ملليبار . ويمكن تشبيه حركة الرياح واتجاهها مع انحدار الضغط ، بالمياه التي تتبع في جريانها واتجاه هذا الجريان انحدار سطح الأرض . وطبيعي أن تشتد سرعة كل من المياه والرياح مع شدة الانحدار .

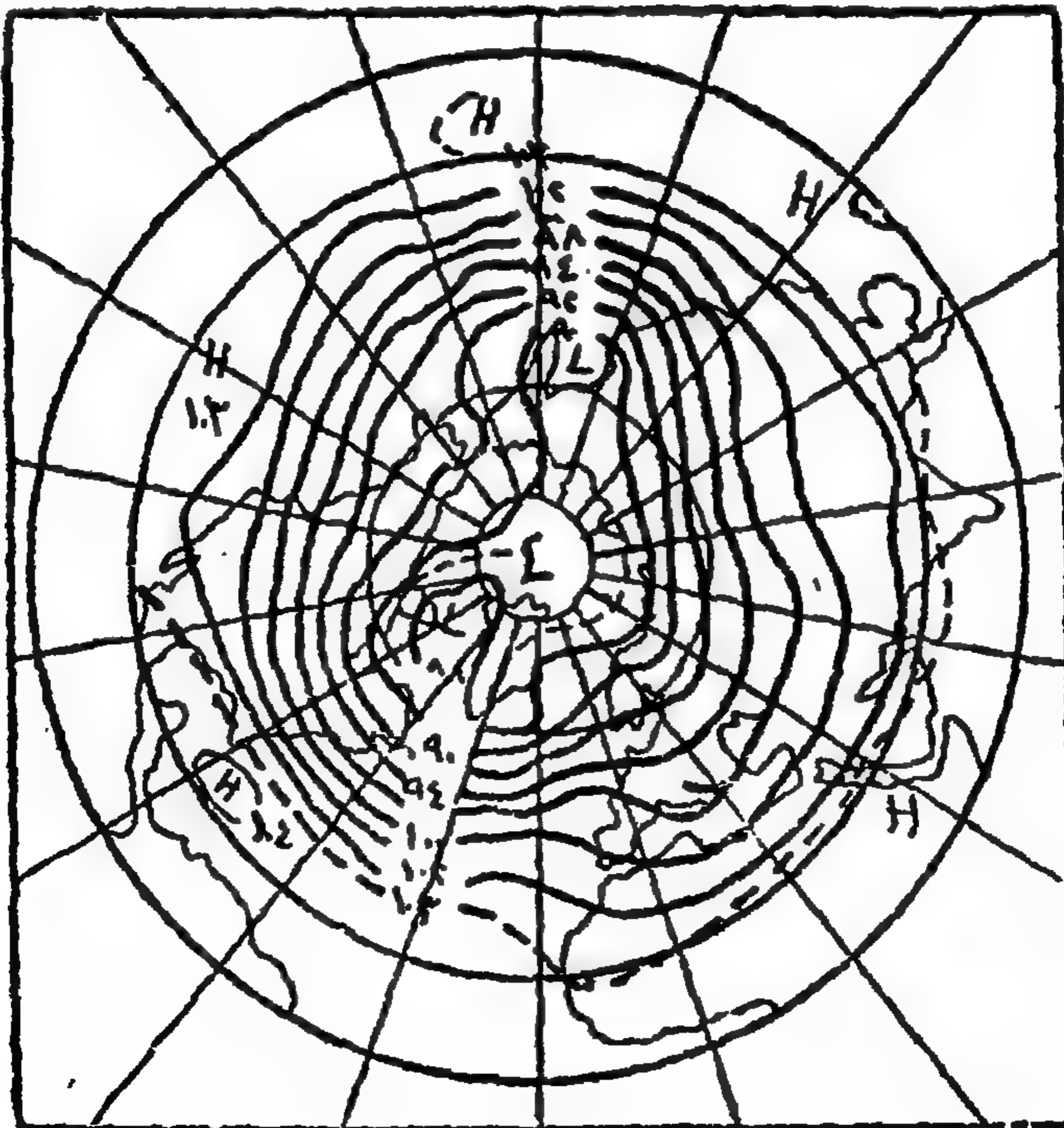
وهناك عامل مهم يتضح تأثيره في توجيه الرياح ، وهو عامل قوة دوران



الأرض حول محورها • فحينما تتحرك الرياح من مناطق الضغط المرتفع الى مناطق الضغط المنخفض تتأثر بقوة دوران الأرض حول نفسها فتتحرف الى يمين اتجاهها الأصلي في نصف الكرة الشمالي ، وإلى يسار اتجاهها الأصلي في نصف الكرة الجنوبي • ولهذا فان الرياح تخرج من مراكز الضغط المرتفع في حركة تشبه حركة دوران عقارب الساعة ، وتدور حول مراكز الضغط المنخفض في حركة معاكسة لحركة عقارب الساعة •



شكل رقم (٤٠) حركة الرياح  
حول مراكز الضغط الجوي المرتفع والمنخفض في نصف الكرة الشمالي



شكل رقم (٤١)  
خريطة كنتورية (مئات الاقدام) لمستوى الضغط ٧٠٠ ملليبار في شهر يناير



هذا وينبغي أن نشير هنا الى خرائط الضغط الجوي التي ترسم لمستويات متتالية من الغلاف الجوي ، لما لها من أهمية كبيرة في التأثير على أحوال الطقس . وفي رسمها يتم اختيار مستويات للضغط مثل ٧٠٠ مليبار ، ٥٠٠ مليبار و ٣٠٠ مليبار ، وترسم خريطة توضح مستويات الارتفاع التي عندها يظهر فيها كل من مستويات الضغط الجوي الكثافة الذكر ، وبذلك يتم رسم خرائط ارتفاعات متساوية (كنتورية) لمستويات الضغط ٧٠٠ ، ٥٠٠ ، ٣٠٠ مليبار .

**اقتران مراكز تجمع الهواء وتفرقه بمراكز الضغط المنخفض والمرتفع :**  
يلعب تجمع الهواء Convergence وتفرقه Divergence دورا بالغ الأهمية في نشأة مناطق الضغط المرتفع ومناطق الضغط المنخفض على سطح الأرض من جهة ، وفي طبقات الجو العليا من جهة أخرى . فالهواء عندما يتقابل ويلتقى تنشأ فيه على الفور تيارات صاعدة ، ويصبح نطاق التقابل مركزا لضغط منخفض . والهواء عندما يفترق ويتشعب ، يخلو مكانه لهواء هابط بارد ، فينشأ في ذات نطاق التفرق مركز للضغط المرتفع .

وفي طبقات الجو العليا تحدث نفس الظاهرة . فحيثما تقابل الهواء وتجمع نشأ مركز للضغط المنخفض ، وحيثما تشعب وتفرق ، تولد مركز للضغط المرتفع . وقد تبين أن مراكز الضغط المنخفض على سطح الأرض يقابلها مراكز للضغط المرتفع في طبقات الجو العليا ، وأن مراكز الضغط المرتفع على سطح الأرض يقابلها مراكز للضغط المنخفض في طبقات الجو العليا .

وقد وجدنا عند دراستنا للدورة الهوائية العامة أن هناك ثلاثة نطاقات لالتقاء الهواء المتحرك (الرياح) على سطح الأرض هي :

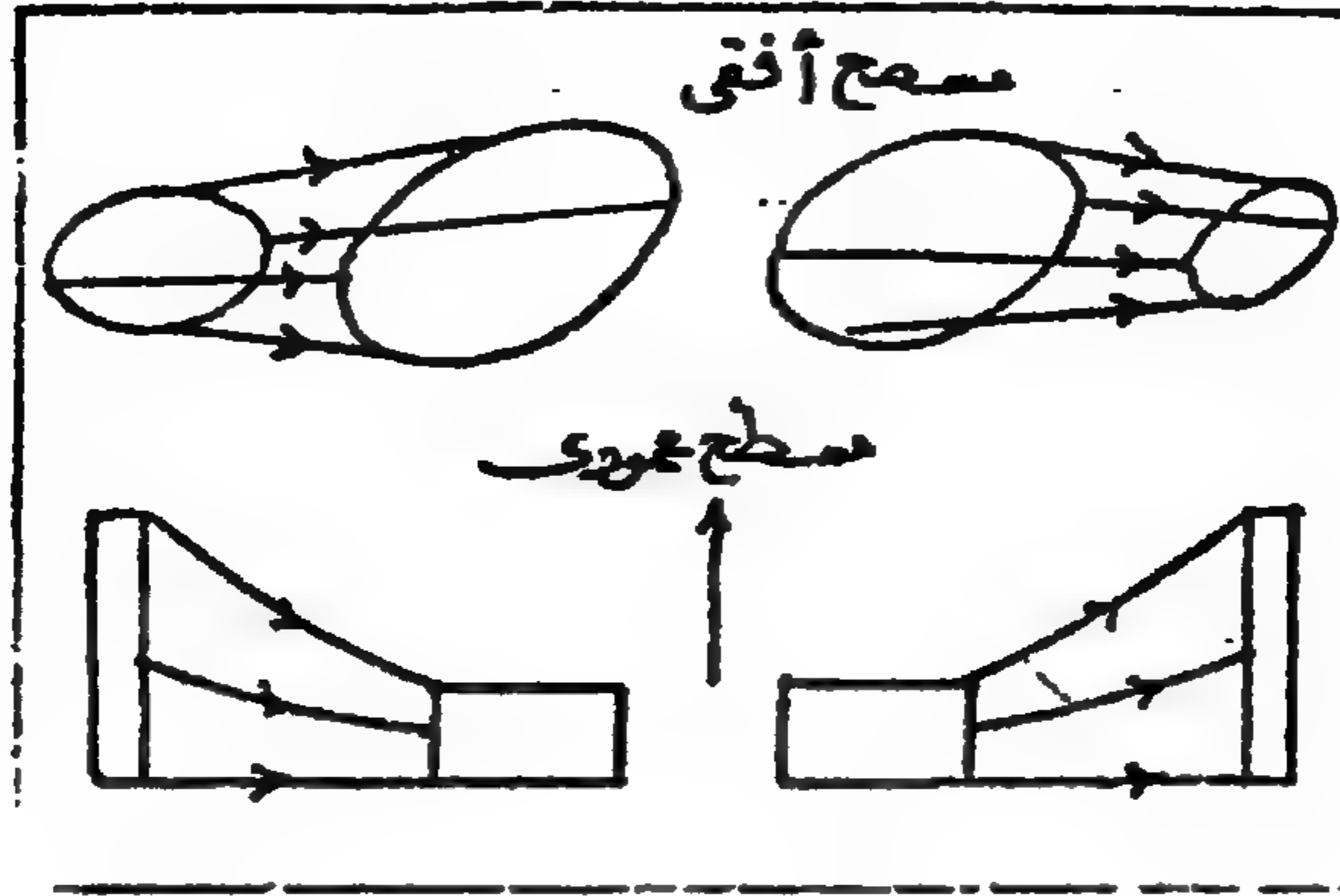
١ - نطاق التقاء الرياح السطحية الاستوائية ، ويقابله في طبقات الجو العليا نطاق تفرق رياح علوية استوائية .

٢ - نطاقات لالتقاء رياح سطحية عند الدائرتين القطبيتين (فيما بين دائرتي عرض ٤٥ - ٦٠ شمالا وجنوبا) ، ويقابلهما في طبقات الجو العليا نطاقات لتفرق رياح علوية فوق نفس العروض . كما تعرفنا على أربعة نطاقات لتفرق الهواء المتحرك (رياح) على سطح الأرض هي :

١ - نطاقان لتفرق رياح سطحية فيما بين دائرتي عرض ٣٠ - ٣٥ شمالا وجنوبا (عروض الخيل Horse Latitudes) ويعرفان بنطاقى تفرق

رياح فيما وراء المدارين • ويقابلها نطاقان علويان لالتقاء رياح فوق نفس العرض •

ب - نطاقان لتفرق رياح سطحية حول القطبين ، يقابلها نطاقان علويان لتفرق رياح فوق القطبين •



شكل رقم (٤٢) تجمع الهواء وتفرقه

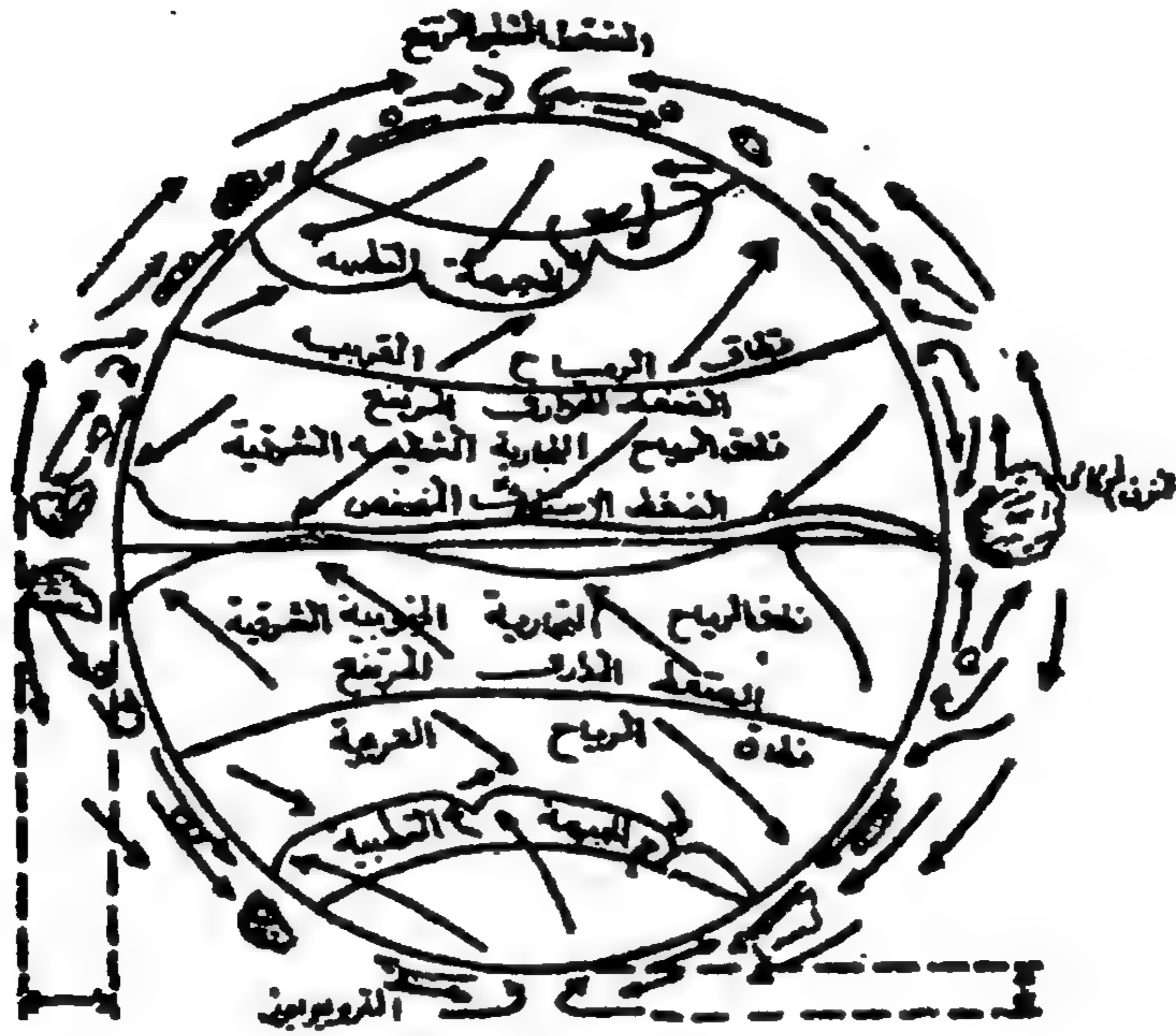
هذا ويلاحظ التفاوت في توزيع الحرارة فيما بين الدائرة الاستوائية والقطبين هو العامل الباعث والمحرك للرياح أفقياً سواء على سطح الأرض (رياح سطحية) أم في طبقات الجو العليا (رياح علوية) • فمما لا شك فيه أن الاختلاف الكبير في توازن الطاقة بين المناطق المدارية والقطبية هو الباعث لحركة الرياح ولاخداث الدورة الهوائية العامة في الغلاف الجوي •

أما توجيه الرياح فيتم بواسطة ما يعرف بقوة كوريولي *Corioli's Force* وهي قوة دوران الأرض حول نفسها التي اكتشفها وتعرف عليها العالم كوريولي ، وصاغ قوتها الانحرافية للرياح العالم فيريل *Ferrell* • فلو كانت الأرض ثابتة لا تدور حول نفسها لهبّت الرياح في حركة طولية من نطاقات الضغط المرتفع (نطاقات تفرق الرياح) إلى نطاقات الضغط المنخفض (نطاقات تجمع الرياح) عابرة لدوائر العرض باتجاهات عمودية عليها • لكن ما يحدث أن تنحرف الرياح إلى يمين اتجاهها الأصلي في نصف الكرة الشمالي ، وإلى يسار اتجاهها الأصلي في نصف الكرة الجنوبي • ويرجع ذلك إلى اختلاف سرعة دوران الأرض حول نفسها تبعاً لاختلاف درجات العرض •

**التوزيع الجغرافي للضغط الجوي صيفا وشتاء :**

يلعب الاشعاع الشمسي العمودي الدور الرئيسي في تسخين سطح الأرض

يابسه ومائه . وبسبب التباين في سرعة ما يكسبه اليابس والماء من طاقة حرارية ، فان الدور الذي تقوم به المسطحات المائية في احداث الاختلافات الفصلية في توزيع الضغط الجوى يكون عظيما . لأنها بمثابة مخازن ضخمة للطاقة الحرارية التى تكسبها ببطء وتفقدتها ببطء أيضا ، على عكس اليابس الذى يكسب الحرارة بسرعة ويفقدتها بسرعة أيضا ، وبالتالي لا يخزن منها سوى القليل ولزمن محدود للغاية .



شكل رقم (٤٣)

التوزيع الجغرافى للضغط الجوى والرياح على سطح كرة أرضية متجانسة

التوزيع الجغرافى للضغط الجوى شتاء :

في نصف الكرة الشمالى :

تبدو الاختلافات الفصلية في الضغط الجوى شديدة الوضوح في نصف الكرة الشمالى ، وذلك بسبب وجود معظم اليابس فيه ، وتداخله في مسطحاته المائية .

ففى الشتاء تتعامد أشعة الشمس على مدار الجدى ، وبالتالي تنتقل مراكز الحرارة العظمى الى نصف الكرة الجنوبي ، بينما يبرد سطح يابس نصف الكرة الشمالى ، وتبقى مسطحاته المائية محتفظة بقسم من حرارتها ،



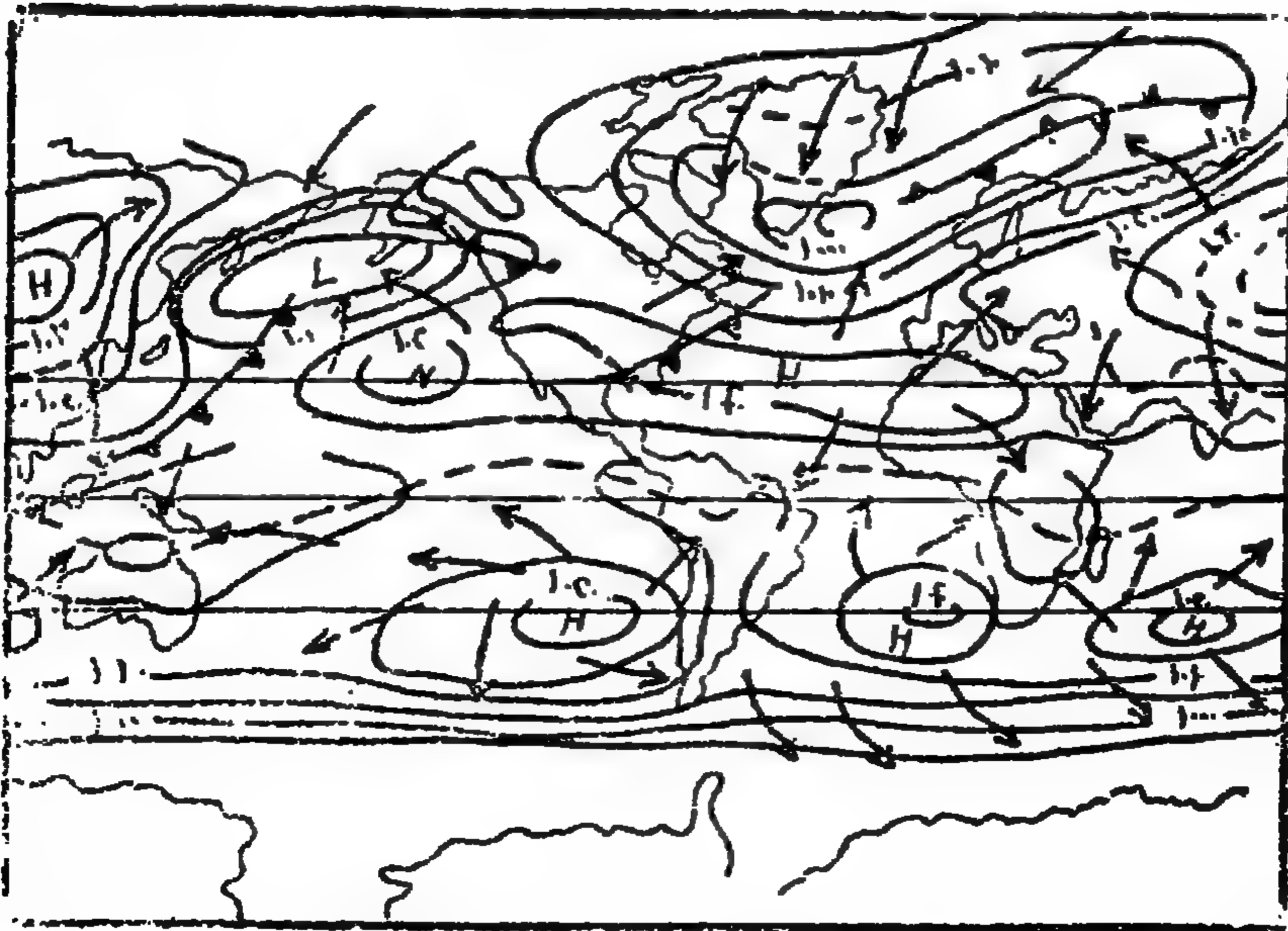
فتكون أدفأ من يابسه . وتبعاً لذلك تتوزع مراكز الضغط فوق النصف الشمالي من الكرة الأرضية شتاء على النحو الآتى :

١ - تكون الأراضى الوسطى من الكتل القارية (أوراسيا وأمريكا الشمالية والقسم الشمالى من إفريقيا) مراكز ضغط جوى مرتفع ، تشمل بنطاق الضغط المرتفع دون المدارى عند العروض الثلاثينية . ويصل الضغط الجوى المرتفع منتهاه فوق أراضى سيبيريا حيث يصل الى أكثر من ١٠٣٠ مليبارا ، ويعرف بمركز الضغط المرتفع السيبيرى . ويمتد من لسان يغطى شرق أوروبا ووسطها ( ١٠٢٠ مليبار ) ، كما يغطى شمال أفريقيا وأمريكا الشمالية ضغط مرتفع لا يقل مقداره عن ١٠٢٠ مليبارا .

٢ - ينحصر الضغط الجوى المنخفض شتاء فى مركزين مهمين يرجع اليهما السبب فيما يتصف به نصف الكرة الشمالى من خصائص مناخية هما :

أ - المنخفض الأيسلندى الذى يمتد شتاء عند العروض الستينية ، فيما بين جزيرتى آيسلندا وبرمودا فى شمال المحيط الأطلسى .

ب - المنخفض الألوشى الذى يتمركز حول مجموعة جزر ألوشيان Alutian فى شمال المحيط الهادى ، حوالى دائرة عرض ٥٥° شمالاً . ويبلغ مقدار الضغط الجوى فى أواسط المنخفضين ١٠٠٠ مليبارا فقط .



شكل رقم (٤٤) التوزيع الجغرافى للضغط الجوى فى يناير بالمليبار



### في نصف الكرة الجنوبي :

نظرا لتعامد الشمس في الشتاء الشمالي (وهو صيف النصف الجنوبي) على مدار الجدي ، يصبح يابس النصف الجنوبي مركزا للضغط المنخفض الذي يتراوح بين ١٠٠٥ - ١٠١٠ مليبارا فوق كل من شمال امتراليا وجنوب افريقيا وشرق أمريكا الجنوبية .

وتصبح المسطحات المائية مراكز لضغط مرتفع بين ١٠١٥ - ١٠٢٠ مليبارا فوق كل من المحيط الهندي الجنوبي ، والاطلس الجنوبي ، والهادي الجنوبي .

### التوزيع الجغرافي للضغط الجوي صيفا :

#### في نصف الكرة الشمالي :

ينتقل الاشعاع الشمسي العمودي الى مدار السرطان ، وتنتقل معه مناطق الحرارة العظمى الى النصف الشمالي من الكرة الارضية . وتبعاً لطبيعة اليابس الذي يكتسب الحرارة بسرعة تصبح اواسط القارات الشمالية مراكز لضغط منخفض خاصة في اواسط آسيا وشمال افريقيا وأمريكا الشمالية . ويشتد عمق الضغط المنخفض فوق وسط آسيا وصحراء ثار في باكستان حيث يراوح ١٠٠٠ مليبارا ، وهو الشهير باسم منخفض الهند الموسمي الذي



شكل رقم (٤٥) التوزيع الجغرافي للضغط الجوي في يوليو بالمليبار

يرابض فوق تلك الأراضي أثناء الصيف • وطبيعى أن يضمحل كل من الضغط المنخفض الأيسلندى والألوشى •

ويتسع مجال الضغط المرتفع المدارى المعروف باسم المرتفع الأزورى (١٠٢٥ ملليبارا) ليشمل الأطلسى الشمالى والقسم الأكبر من حوض البحر المتوسط وشمال أفريقيا • وكذلك يمتد الضغط المرتفع المدارى فى الهادى الشمالى ليشمل معظمه (١٠٢٠ - ١٠٢٥ ملليبارا) • ومن هذا وذاك تهب الرياح صوب المناطق الداخلية من القارات •

#### فى نصف الكرة الجنوبي :

نظرا لتعامد الشمس على مدار السرطان فى النصف الشمالى من الكرة الأرضية ، يصبح يابس النصف الجنوبى محلا للضغط المرتفع الذى يتراوح بين ١٠١٥ - ١٠٢٠ ملليبارا فوق كل من استراليا وجنوب أفريقيا وجنوب أمريكا الجنوبية • ويتناقص الضغط الجوى فى الأجزاء الجنوبية من المحيطات الثلاثة ، خاصة فى عروض ما بين ٥٠ - ٦٠° جنوبا ، فيراوح ١٠٠٠ - ١٠١٠ ملليبارا •

## الفصل السادس

### الرياح

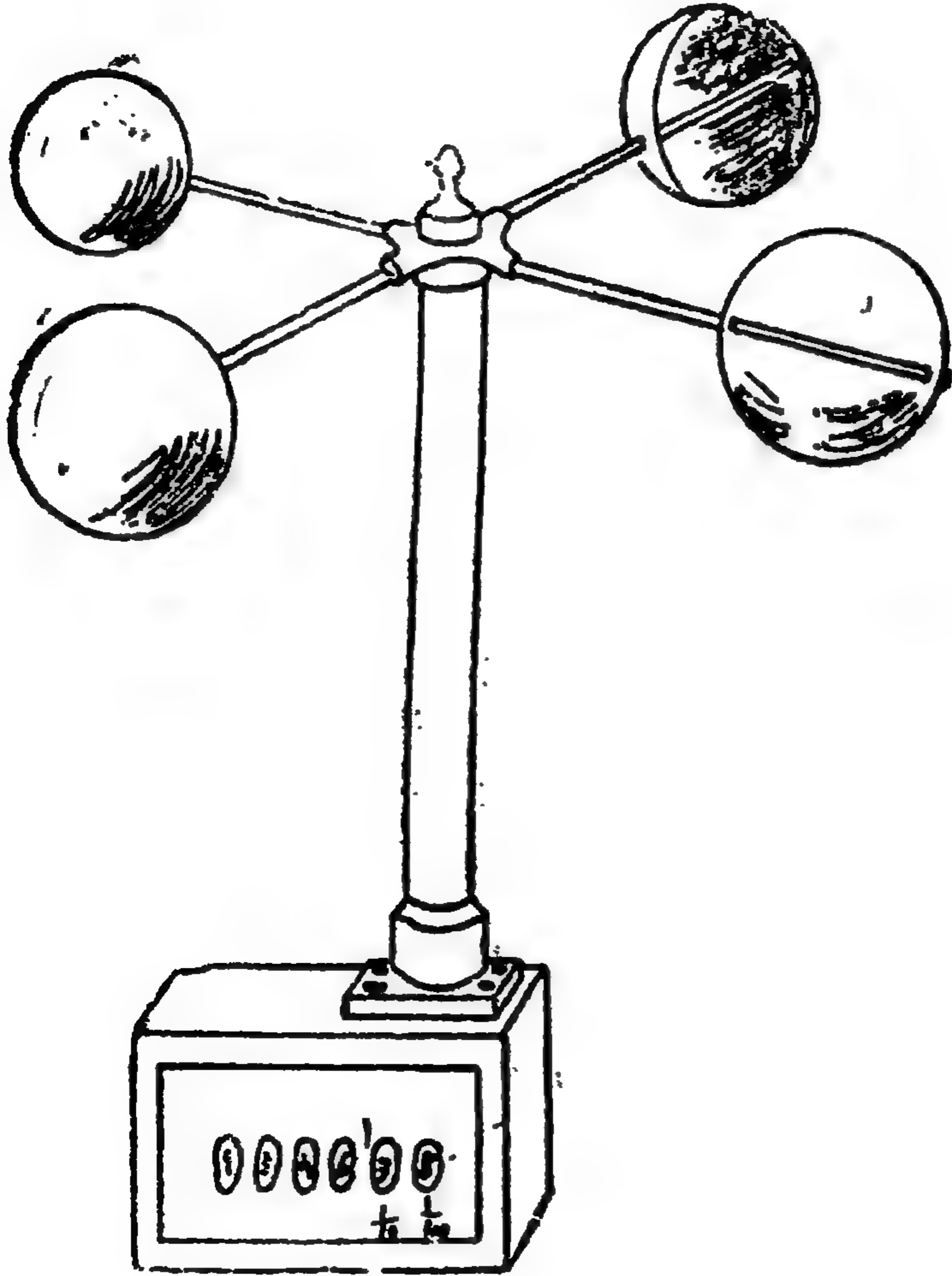
- أجهزة القياس : قياس السرعة والاتجاه .
- تقسيم بوفورت للرياح حسب سرعتها .
- العوامل المؤثرة في تحريك الرياح وتوجيهها .
- التغير اليومي في سرعة الرياح وأسبابه .
- التيارات الهوائية العليا النفاثة .
- أنواع الرياح :
- الرياح الدائمة : التجارية ، العكسية ، القطبية .
- الرياح الموسمية : الشتوية ، الصيفية .
- الرياح المحلية : المحلية الحارة ، المحلية الدافئة ، المحلية الباردة .
- الرياح اليومية : نسيم البر ونسيم البحر ، نسيم الوادي ونسيم الجبل .





## الرياح :

ذكرنا أن الرياح تهب من مناطق الضغط المرتفع الى مناطق الضغط المنخفض ، وتدور الرياح حول مراكز الضغط المختلفة بتأثير حركة الأرض حول محورها من الغرب الى الشرق فيؤثر ذلك في اتجاه الرياح ، فيجعلها تنحرف الى يمين اتجاهها في النصف الشمالي للكرة الأرضية وإلى يسار اتجاهها في النصف الجنوبي ، ويعرف هذا بقانون فرل • فمثلا الرياح



شكل رقم (٤٦) الأنيمومتر (مقياس سرعة الرياح)

الآتية من الشمال تنحرف وتصبح شمالية شرقية ، والآتية من الجنوب  
تصبح جنوبية غربية ، أما في نصف الكرة الجنوبي فتصير الرياح الآتية من  
الشمال شمالية غربية ، والآتية من الجنوب تصبح جنوبية غربية كما في  
شكل رقم ( ٣٨ ) .

### أجهزة قياس الرياح العادية :

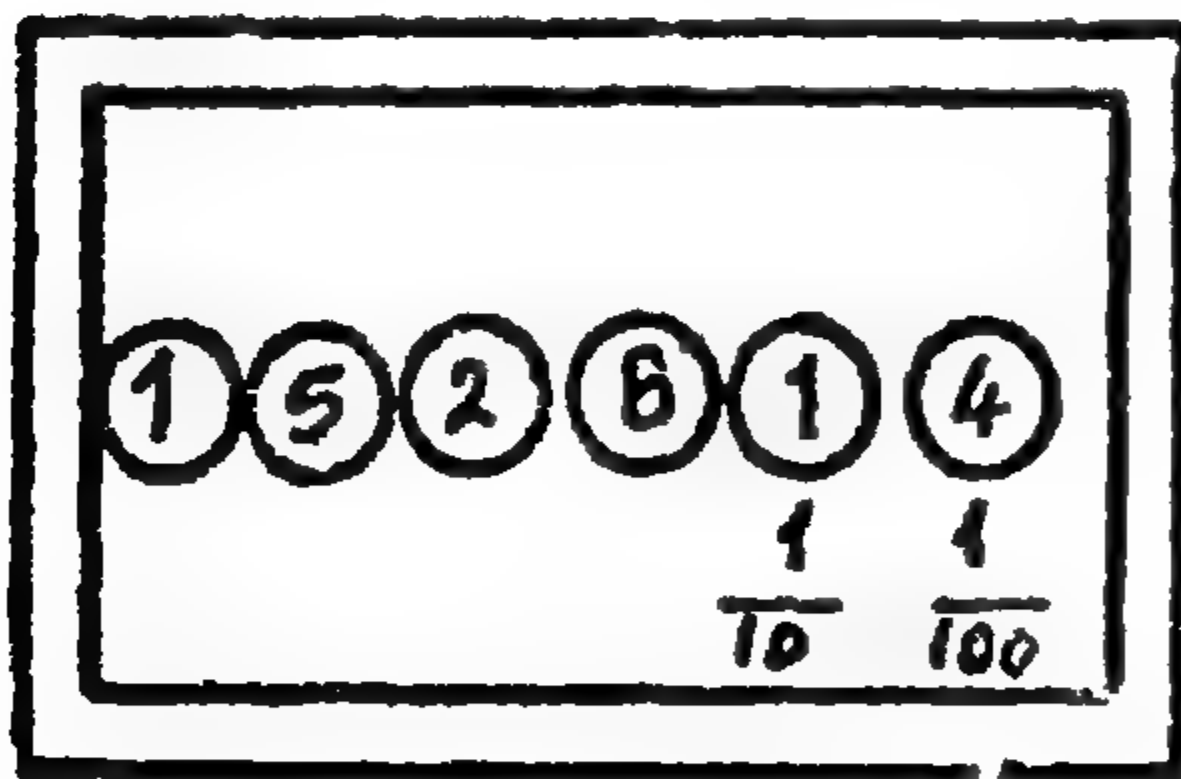
#### قياس سرعة الرياح :

تقاس سرعة الرياح بواسطة جهاز الأنيمومتر Anemometer شكل ( ٤٦ )  
ويتركب من :

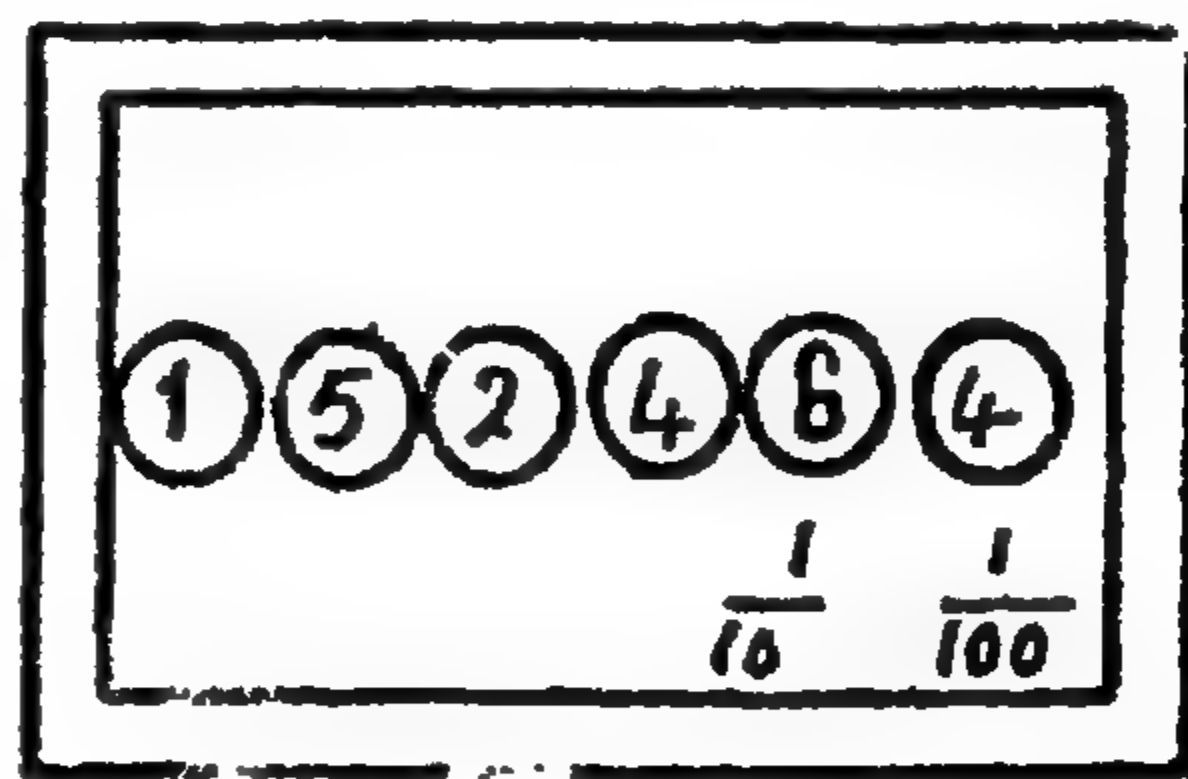
١ - أربع طاسات كروية ، توضع فوق عامود تدور حوله في مستوى  
أفقى بواسطة الرياح .

٢ - عداد يبين سرعة الرياح نتيجة لدرجة دوران الطاسات .

وتقدر سرعة الرياح عن طريق قراءة العداد Speedometer ، ويدون  
الرقم الذى يدل عليه وليكن ١٥٢٤٦٤ كما هو مبين في الشكل رقم ( ٤٧ - أ ) ،  
وبعد ثلاث دقائق يقرأ العداد مرة ثانية ، ويدون الرقم الذى يدل عليه  
وليكن ١٥٢٦١٤ كما هو مبين في الشكل رقم ( ٤٧ - ب ) ، فالفرق بين  
القراءتين يكون  $152614 - 152464 = 150$  كيلو متر عبارة عن سرعة  
الرياح في ثلاث دقائق ، ومنه يستدل على أن سرعتها في الدقيقة الواحدة هي  
٥٠ كيلو متر ، أى أن سرعتها ٣٠ كيلو مترا في الساعة .



ب - لقراءة لثانية



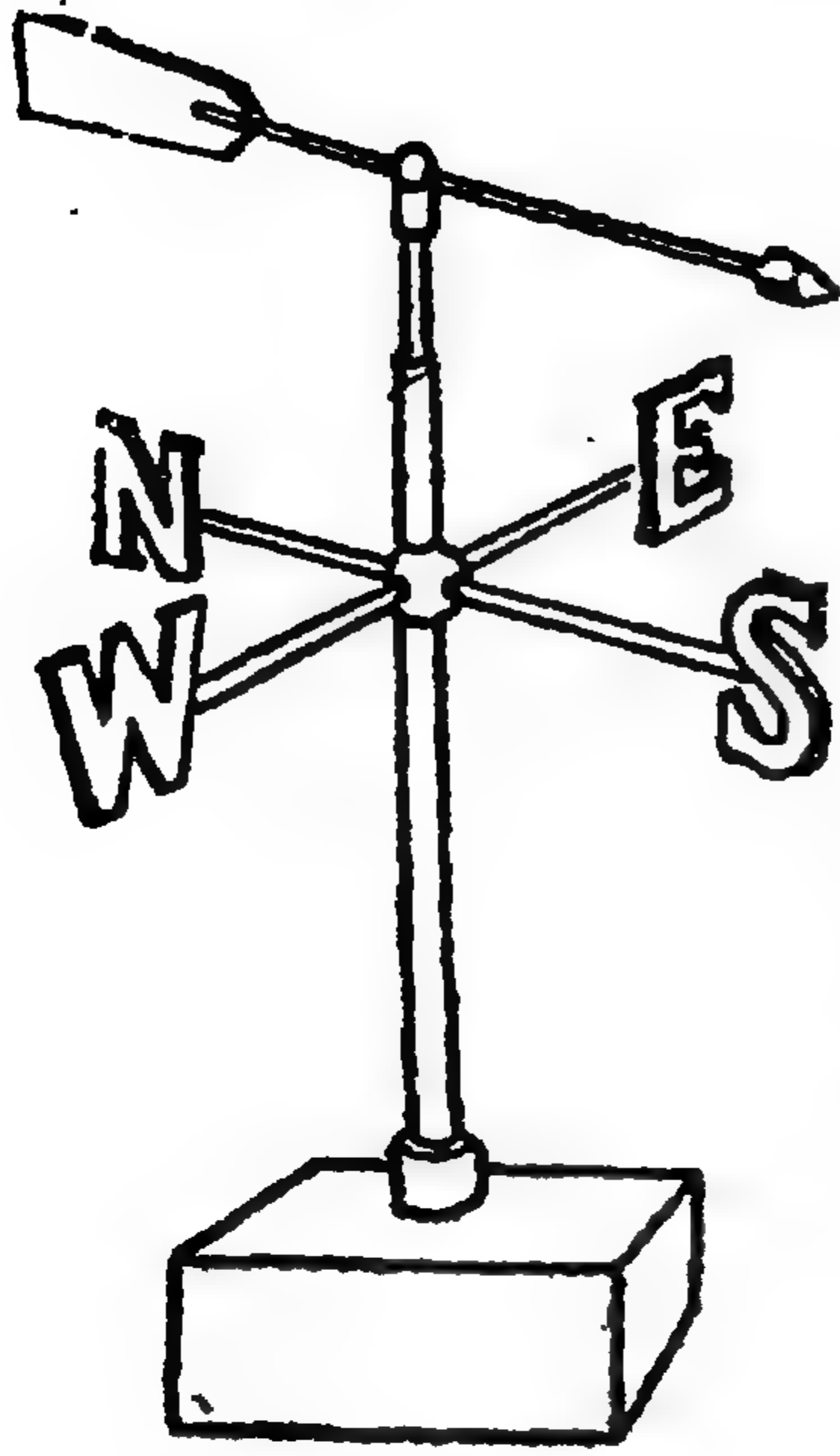
أ - لقراءة الأولى

شكل رقم ( ٤٧ ) عداد مقياس سرعة الرياح

#### أما اتجاه الرياح :

فيعرف بواسطة جهاز يسمى دوار الرياح Wind Vane كما هو مبين  
في شكل رقم ( ٤٨ ) يتكون من :

١ - ذراع من الحديد على شكل سهم يركب على عمود رأسى من الحديد يدور عليه فى مستوى أفقى .



٢ - ذراعين من الحديد مثبتين فى العمود الرأسى تشير أطرافهما الى الجهات الاصلية .

ويعين اتجاه الرياح عن طريق رأس السهم التى تتجه دائما الى الجهة التى تاتى منها الرياح ، ففى الشكلين ( ١٤٩ ، ٤٩ ب ) تؤثر حركة الرياح فى ذيل السهم العريض ، أما رأسه فلا تتأثر بها لأنها مدببة ، فإذا كانت الرياح تهب من الغرب الى الشرق ، ثم غيرت اتجاهها فأصبحت تهب من الجنوب الى الشمال ، فإنها تدفع أمامها ذيل السهم نحو الشمال ، ولذا تصبح رأس السهم المدببة تتجه نحو الجنوب مشيرة الى الجهة التى تهب منها الرياح .

شكل رقم ( ٤٨ )  
جهاز دوار الرياح

### الأجهزة الكهربائية لقياس الرياح :

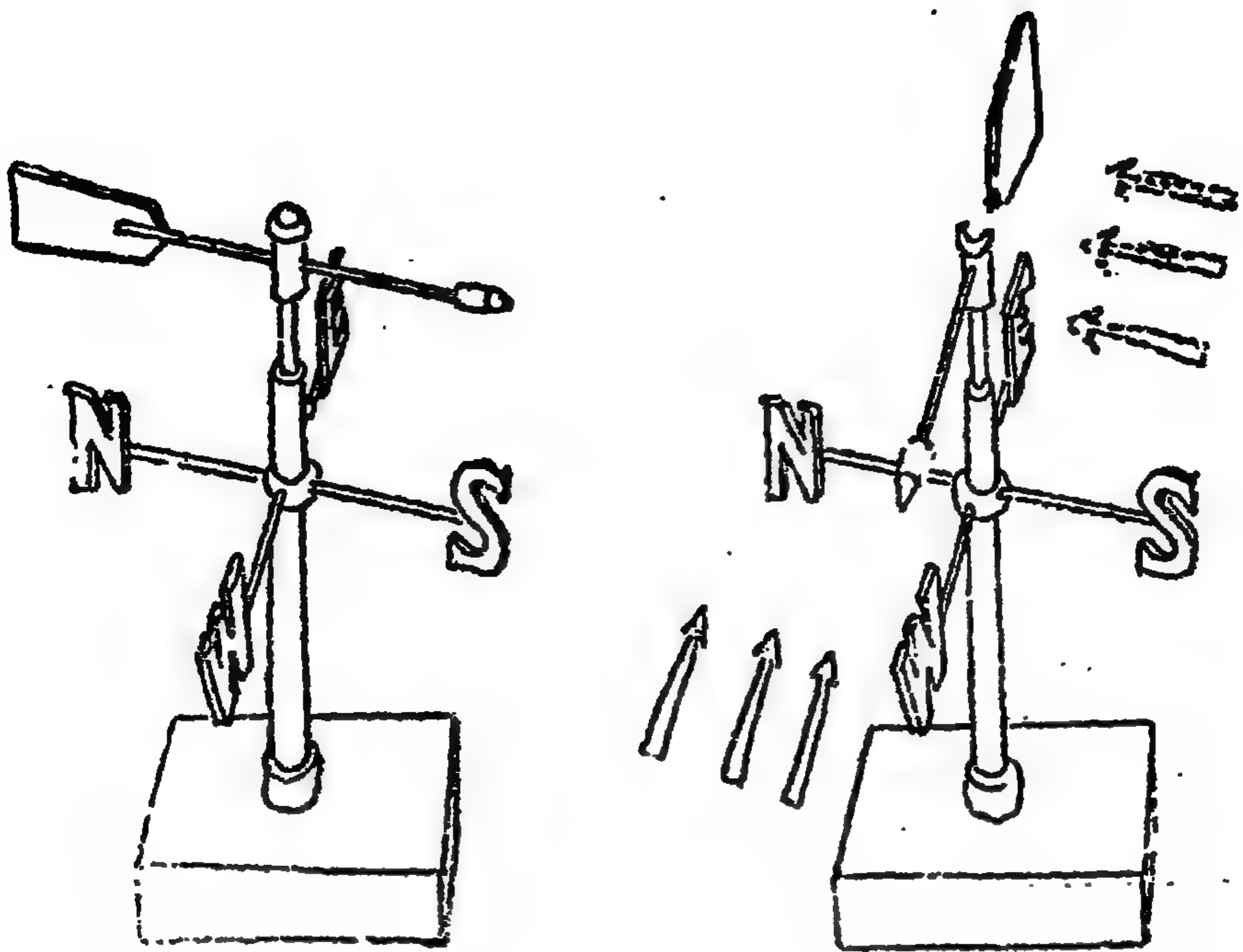
توضع أجهزة رصد الرياح عادة فى مكان مرتفع مكشوف للرياح ، أو تتركب فى أعلا الأبراج التى توجد فى بعض محطات الرصد الجوى . وتستخدم الآن أجهزة كهربائية لقياس اتجاه الرياح وسرعتها . وأهم مزاياها أنها تسجل القياسات دون ما حاجة لخروج الراصد فى العراء للتسجيل ، علاوة على دقتها التى تتطلبها الدراسات المناخية التفصيلية .

### الانيموجراف Anemograph :

جهاز لتسجيل سرعة الرياح واتجاهها . ويتركب من أسطوانة ، تتحرك بواسطة ساعة فى داخلها ، وتلف حول الأسطوانة ورقة رسم بياني خاصة ، يتم رسم سرعة واتجاه الرياح عليها عن طريق ريشتين تتحركان عليها ، وترسم احدى الريشتين سرعة الرياح ، وتخط الريشة الأخرى اتجاهها .

### تقسيم بوفورت للرياح حسب سرعتها :

وضع الملاح الهولندى بوفورت Francis Beaufort عام ١٨٠٥ مقياسا



١ - الرياح تهب من الغرب

ب - الرياح غيرت اتجاهها  
فأصبحت تهب من الجنوب

شكل رقم (٤٩)

نسبياً لسرعة الرياح ، وقسم سرعة الرياح الى ١٢ درجة تبعاً لاستجابة الموجودات لها بالحركة والتضرر منها . والمقياس موضح بالجدول في الصفحة التالية .

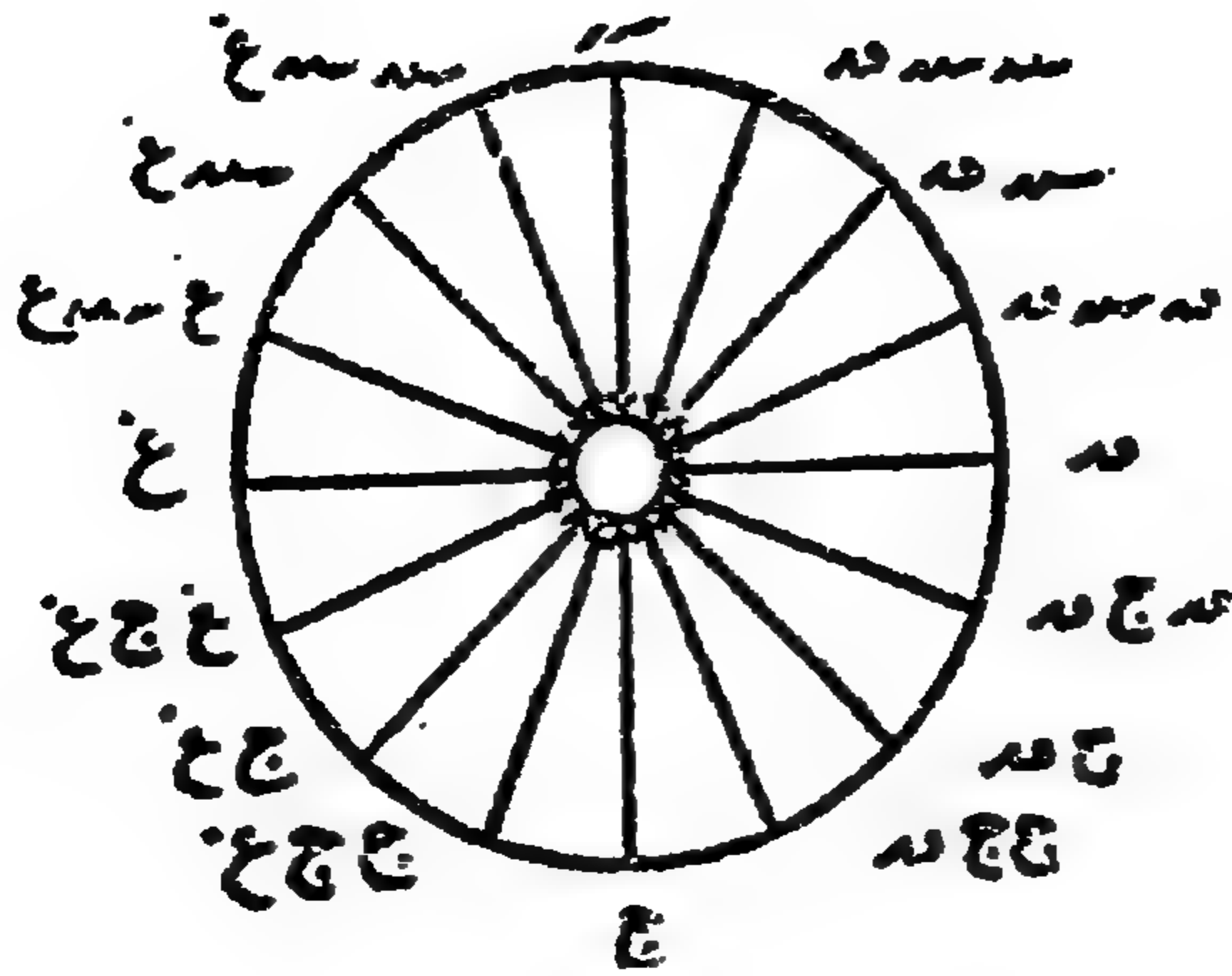
#### رصد سرعة الرياح وتحديد اتجاهاتها في طبقات الجو العليا :

يستخدم بحث المنح قياس سرعة الرياح واتجاهاتها في طبقات الجو العليا بالونات الإرشادية **Pilot Ballons** وأجهزة الراديو سوند **Radio Soud** وتملأ البالونات المصنوعة من المطاط بغاز الهيدروجين أو الهليوم ، وهما غازان خفيفان ، للمساعدة على صعود البالونات الى ارتفاعات شاهقة . ويراقب المختصون بالرصد الجوى التباين في سرعة البالون واتجاهه بواسطة جهاز التيودولايت **Theodolite** .

وعند اجراء عمليات الرصد ليلاً تزود البالونات بمصابيح مضيئة حتى يسهل رصد حركاتها بالتيودولايت التليسكريبى . كما وتستخدم بالونات



درجة سرعة الرياح	الهواء المتحرك (الرياح)	مدى السرعة كم/ساعة	مدى استجابة الموجودات للرياح
صفر	هواء ساكن	0 - 1	يتصاعد الدخان رأسيا . يتصاعد الدخان رأسيا ثم يتحرك رأسيا . وتبقى دواراة الرياح ساكنة .
1	هواء ضعيف	2 - 1	يتصاعد الدخان رأسيا ثم يتحرك رأسيا . وتبقى دواراة الرياح ساكنة .
2	نسيم لطيف	7 - 12	يحرك أوراق الشجر ودواراة الرياح ، وتلفح الوجه .
3	نسيم لطيف جدا	12 - 18	يحرك أوراق وأغصان الشجر وقماش الاعلام .
4	نسيم معقول	19 - 26	يثير الغبار ويحرك فروع الاشجار وينقل الاوراق الملقاة على الارض .
5	نسيم منعش	27 - 30	تتمايل الشجيرات وأغصان الاشجار الكبيرة . وتنشأ أمواج ضئيلة .
6	نسيم قوى	31 - 44	تهتز فروع الاشجار الكبيرة ، وتنشأ أمواج معتدلة .
7	رياح معتدلة	45 - 54	تهتز للاشجار كلها ، ويصعب السير ضد الرياح ، وترتفع الأمواج .
8	هريجساء	55 - 70	تكسر أغصان الشجر ، ويتعذر السير ضد الرياح .
9	هوجاء شديدة	71 - 77	تتحطم الساريات وأعالى المداخلن الضعيفة، وتحدث تلفيات بالبساتنى .
10	هوجاء عاتية	78 - 90	تقتلع الاشجار من جذورها ، وتحدث تلفيات بالغة بالنباتات .
11	عاصفة (زوبعة)	91 - 104	تسبب اضرار بالغة بالمباني والمنشآت .
12	اعصار	اكثر من 104	تحدث فى المحيطات فتغرق السفن أحيانا، وتصيب السواحل بأضرار جسيمة .



شكل رقم ( ٥٠ ) تحديد الاتجاهات على البوصلة

ذات ألوان مختلفة ، تناسب حالة الجو . فتستخدم باللون الأبيض أو زرقاء في الأيام الصافية السماء ، بينما تستخدم باللون الأحمر في الأيام الغائمة . وفي الأيام السيئة الطقس يفضل استعمال جهاز الراديو سوند . وهو يقيس سرعة الرياح واتجاهاتها ، إضافة إلى أنه مزود بأجهزة أخرى لقياس رطوبة الجو ودرجة الحرارة . ويزود الراديو سوند أحيانا بجهاز إرسال لاسلكي يقوم بإرسال المعلومات عن أحوال الجو في طبقات الجو العليا إلى محطات الرصد الأرضية .

#### العوامل المؤثرة في تحريك الرياح وتوجيهها :

ينشأ عن التفاوت الحراري الاختلاف في مقادير الضغط الجوي الذي يمثل القوة الفاعلة في تحريك وتوجيه الرياح ، ويعدل سرعة الرياح واتجاهها عامل التضاريس وقوة الاحتكاك وقوة كوريولس . وفيما يلي دراسة لكل عامل منها :

#### ١ - التباين في الضغط الجوي :

تتحرك الرياح من مناطق الضغط المرتفع (حيث الهواء الهابط) إلى مناطق الضغط المنخفض (حيث الهواء الصاعد) . وكلما كان انحدار الضغط شديدا كلما كانت الرياح أقوى . وترتبط قوة الدفع الناشئة عن انحدار الضغط الجوي ارتباطا كاملا بدرجات حرارة الهواء وكثافته . فالرياح هي العامل المؤثر ، مع التيارات البحرية ، في تحقيق التوازن الحراري بين النطاقين الحراريين العظيمين : النطاق الاستوائي والمداري فيما بين دائرة

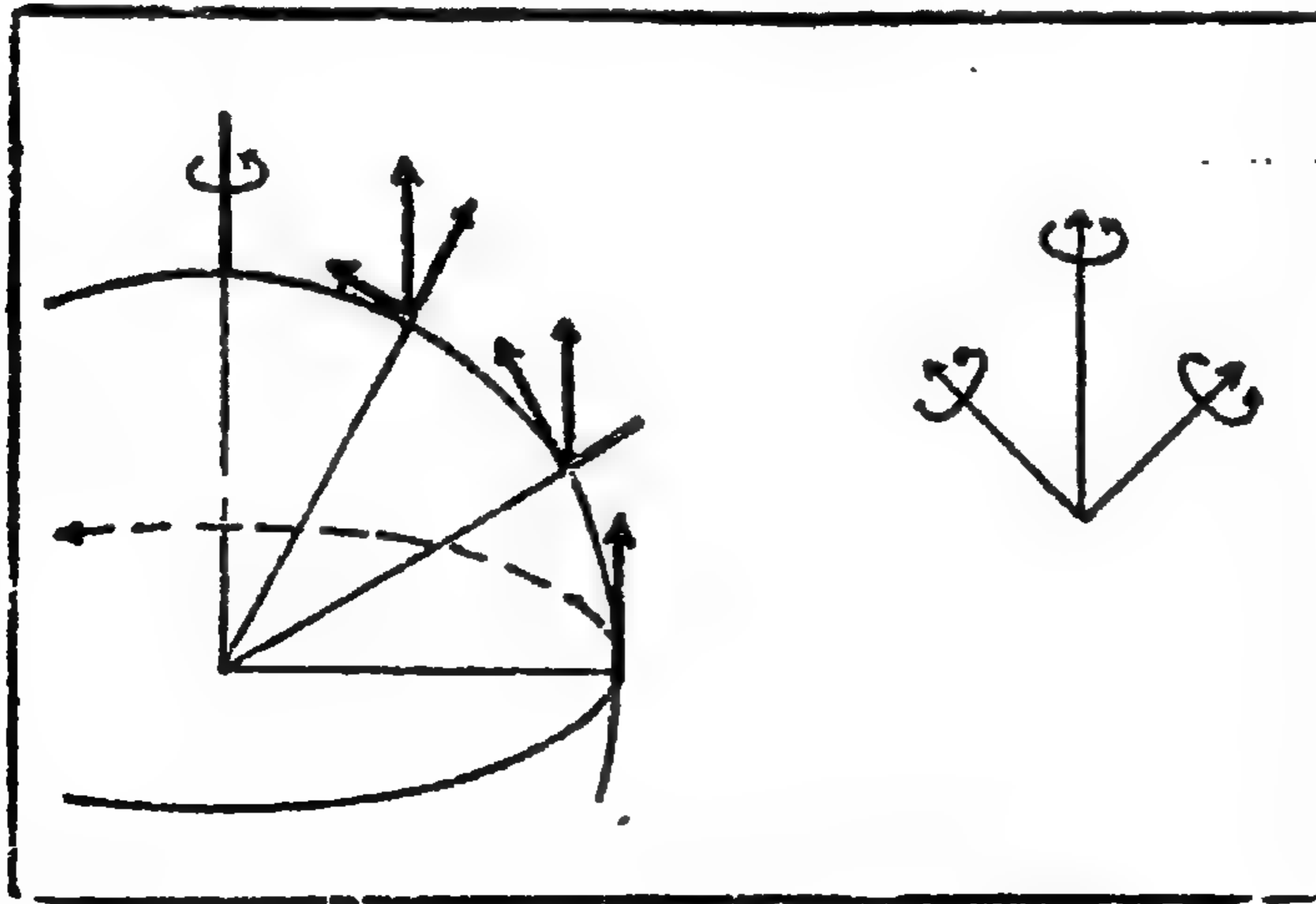
الاستواء ودائرة العرض ٣٥° شمالا وجنوبا ، والنطاق المعتدل والبارد فيما بين دائرة العرض ٣٥° شمالا وجنوبا والقطبين . فالرياح تتحرك ناقله الدفء الى الجهات الباردة ، والبرودة الى الجهات الدافئة .

## ٢ - التضاريس :

فهي تؤثر في سرعة الرياح التي تزداد بالارتفاع عن منسوب البحر ، وتتسبب عوائق التضاريس في تغيير اتجاه الرياح ، وانقسامها أحيانا في عدة شعب . وحينما تصطدم الرياح بسلاسل الجبال العالية تصعد نحو ذراها ، وتجد منافذ لها في الممرات الجبلية فتتسحب . وعقب عبورها للجبال تعود الى الهبوط . وتتغير درجة حرارتها نحو البرودة عند الصعود ، فيحدث التكاثف ، بينما تزداد حرارتها عند الهبوط لتضاغطها ، وهذا ما أسميناه من قبل بعمليات التبريد والتسخين الذاتية *Adiabatic Cooling and Heating*

## ٣ - قوة الاحتكاك :

ليس لعامل الاحتكاك *Friction* أهمية تذكر بالنسبة للرياح في طبقات الجو العليا، حيث تصبح السيادة والتحكم في سير وتحريك الرياح وتوجيهها لعامل انحدار الضغط وقوة كوريولس . فاذا ما اقتربت الرياح من سطح الأرض فان الاحتكاك يصير مهما للغاية . ذلك أن قوة الاحتكاك تحد من سرعة الرياح ، لأنها تعمل في اتجاه مضاد لاتجاه الرياح ، فتأثيرها معاكس لانحدار الضغط .

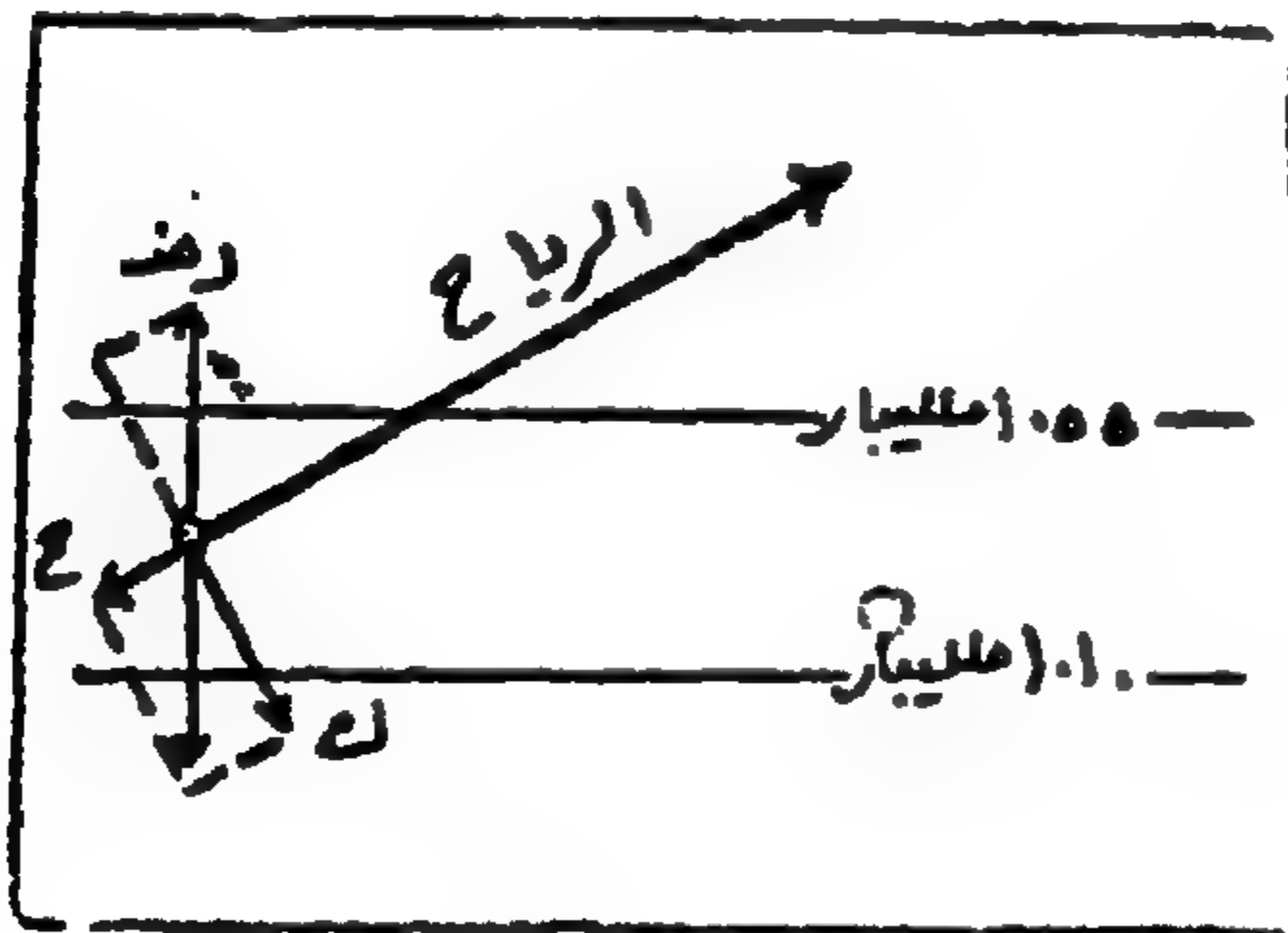


شكل رقم (١٥) المركبات الأفقية والعمودية في حركة دوران الأرض حول نفسها

وطبيعى أن ازدياد خشونة السطح يعرقل سير الرياح ويقلل من سرعتها وقد ظهر أن طبقة الهواء الرقيقة الملاصقة لسطح الأرض بسمك بضعة ملليمترات ساكنة لا تتحرك . وتزداد سرعة الرياح بطبيعة الحال بالارتفاع من جهة ، وبانعدام العوائق الطبيعية (جبال وتلال) والبشرية (مزروعات وأبنية ومنشآت) . وتزداد سرعة الرياح فوق السهول المنبسطة عنها فوق الأراضى الوعرة كما أن سرعتها فوق الريف تفوق سرعتها فى المناطق المدنية . وتزداد سرعة الرياح كثيرا فوق المسطحات البحرية والمحيطية ، حيث تنطلق فوق أسطح ناعمة دون أن يعترضها عائق .

#### ٤ - القوة الناشئة عن دوران الأرض حول محورها :

يرتبط الغلاف الجوى كغيره من أغلفة الأرض بحركاتها ، فهو يدور معها ، لكنه حين يتحرك فى صورة رياح فإن مساره عبر خطوط العرض ينحرف إلى يمين اتجاهه الأصلي فى نصف الكرة الشمالى ، وإلى يسار اتجاهه الأصلي فى نصف الكرة الجنوبي ، وهذا القانون صاغه العالم فيريل فعرف باسمه (قانون فيريل) . ويرجع سبب انحراف مسار الرياح على هذا النحو إلى التباين فى سرعة دوران الأرض حول محورها من الغرب نحو الشرق عند مختلف خطوط العرض ، فسرعة الدوران تبلغ أقصاها عند دائرة الاستواء ، وتقل تدريجيا بالاتجاه شمالا وجنوبا حتى تصبح صفرا عند كل من القطبين .



- شكل رقم (٥٢)  
الرياح السطحية  
محصلة لثلاث قوى هى :
- ١ - انحدار الضغط الجوى (د ض)
  - ٢ - قوة الاحتكاك (ح)
  - ٣ - قوة كوريولى (ك)

وإذا كان فيريل هو الذى صاغ قانون الانحراف هذا ، فإن كوريولى Coriolis عالم الفيزياء الفرنسى الذى عاش فى القرن التاسع عشر هو مكتشف القوة التى تجعل كل الأجسام المتحركة حركة حرة على سطح الأرض تنحرف إلى يمين اتجاهها فى نصف الكرة الشمالى وإلى شمال اتجاهها فى النصف الجنوبي . وهى ناتجة كما أسلفنا عن اختلاف سرعة دوران الأرض حول نفسها . والواقع أن الأرض لو كانت ثابتة لاتدور حول محورها ،



لهبت الرياح مباشرة من مراكز الضغط المرتفع الى مراكز الضغط المنخفض ، وقطعت خطوط الضغط المتساوى بزوايا قائمة . لكن هذا لا يحدث . وانما الذى يحدث أن الرياح تنحرف ، ويزداد انحرافها كلما ابتعدت عن دائرة الامتواء وتبلغ أقصى انحراف لها عند كل من القطبين .

من هذا نرى أن سرعة الرياح تتأثر بانحدار الضغط ، بينما يتأثر اتجاهها بقوة كوريولى . ويتجه تأثير قوة كوريولى دائما الى يمين القوة الناشئة عن انحدار الضغط الجوى ، ويظل متعامدا عليها . ولهذا فان اتجاه الرياح هو فى الواقع محصلة لهاتين القوتين ، اضافة الى قوة ثالثة أقل منهما تأثيرا ، وهى قوة الاحتكاك Friction التى سبق ذكرها ، والتى تؤثر فى سرعة الرياح السطحية أيضا . فالاحتكاك يقلل السرعة ، ويؤثر فى الاتجاه أيضا ، ويجعل الرياح أقل انحرافا ، بل يجعلها تقطع خطوط الضغط المتساوى بزوايا قريبة الى العمودية . وقد قدر أن الرياح تعبر خطوط تساوى الضغط بزوايا تتراوح بين ١٠ - ٢٠ فوق المسطحات المائية وبين ٢٠ - ٤٠ فوق الاراضى اليابسة .

#### التغير اليومى فى سرعة الرياح :

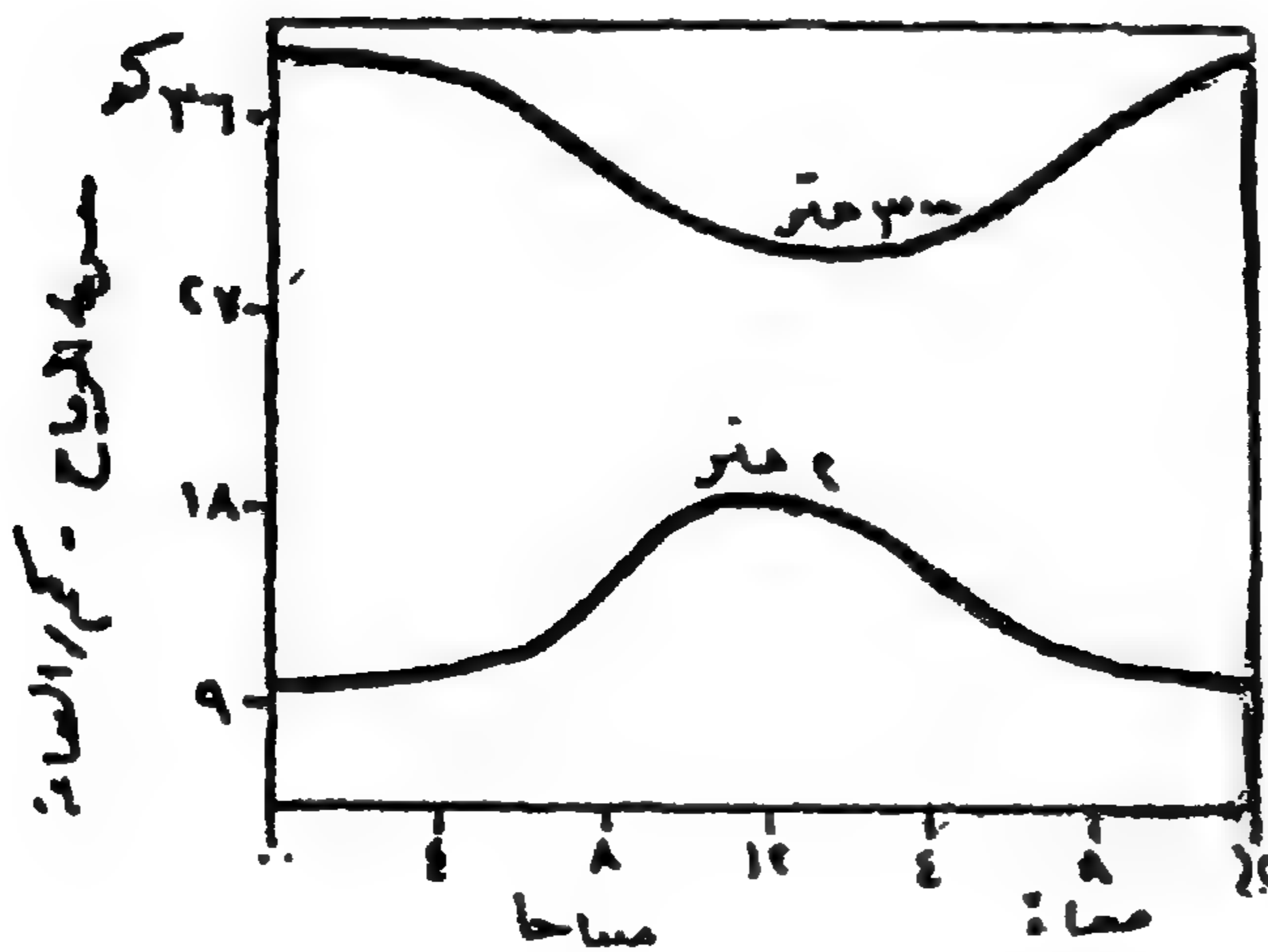
تتأثر سرعة الرياح واتجاهها ضمن طبقة الهواء القريبة من سطح الأرض ، والتى يصل سمكها حوالى مترين ، بالدورة اليومية لدرجة الحرارة . فاذا أغفلنا تأثيرات مختلف العوامل السابقة الذكر فى سرعة الرياح واتجاهها ، نجد أن الأيام العادية الهادئة ، التى تخلو من الاضطراب الناتج عن هبوب جبهات هوائية أو وصول انخفاضات جوية ، تتميز برياح ذات نمط خاص فى السرعة والاتجاه . فالرياح السطحية القريبة من سطح الأرض تكون أكثر سرعة وانتظاما فى النهار منها فى الليل . فحينما تشرق الشمس فى الصباح تأخذ سرعة الرياح فى الزيادة ، وتبلغ أقصاها فيما بين الساعة ١٢ ظهرا والسادسة بعد الظهر ، ويكون اتجاهها منتظما ، وتهدأ الرياح بحلول الليل ، لكن اتجاهها يصبح متقلبا .

وينعكس الحال فى طبقات الجو الأعلى من الطبقة السطحية ، حيث تصبح الرياح أسرع وأقوى ، واتجاهها أكثر انتظاما فى الليل منه أثناء النهار . وتؤثر حركة الرياح اليومية فى الأيام الهادئة على حالة البحر ، فتقل ارتفاعات أمواجه بداية من غروب الشمس حتى بداية شروقها . ولهذا يؤثر الصيادون الخروج الى البحر للارتزاق من خيراته ليلا فى الأيام الهادئة .

ويرجع السبب فى هذا التغير فى سرعة الرياح واتجاهها قرب السطح

وفيما فوقه الى تسخين سطح الأرض بالاشعاع الشمسي أثناء النهار ، ومن ثم ترتفع حرارة الهواء الملاصق له ، فيخف وزنه ويضطر للصعود ، ويحل محله هواء بارد يأتي من الطبقات الهوائية الموجودة فوقه . وتتوالى عملية التبادل الهوائي على هذا النحو نهارا . ونظرا لأن الهواء الهابط يكون أكثر سرعة ، فانه ينقل معه قوة دفع كبيرة تجعل الرياح السطحية أكثر سرعة وانتظاما . أما الهواء الصاعد فيكون أقل سرعة واضطرابا، ومن ثم لا يضيف قوة دفع تذكر الى الرياح العلوية التي تكون لذلك أقل سرعة أثناء النهار .

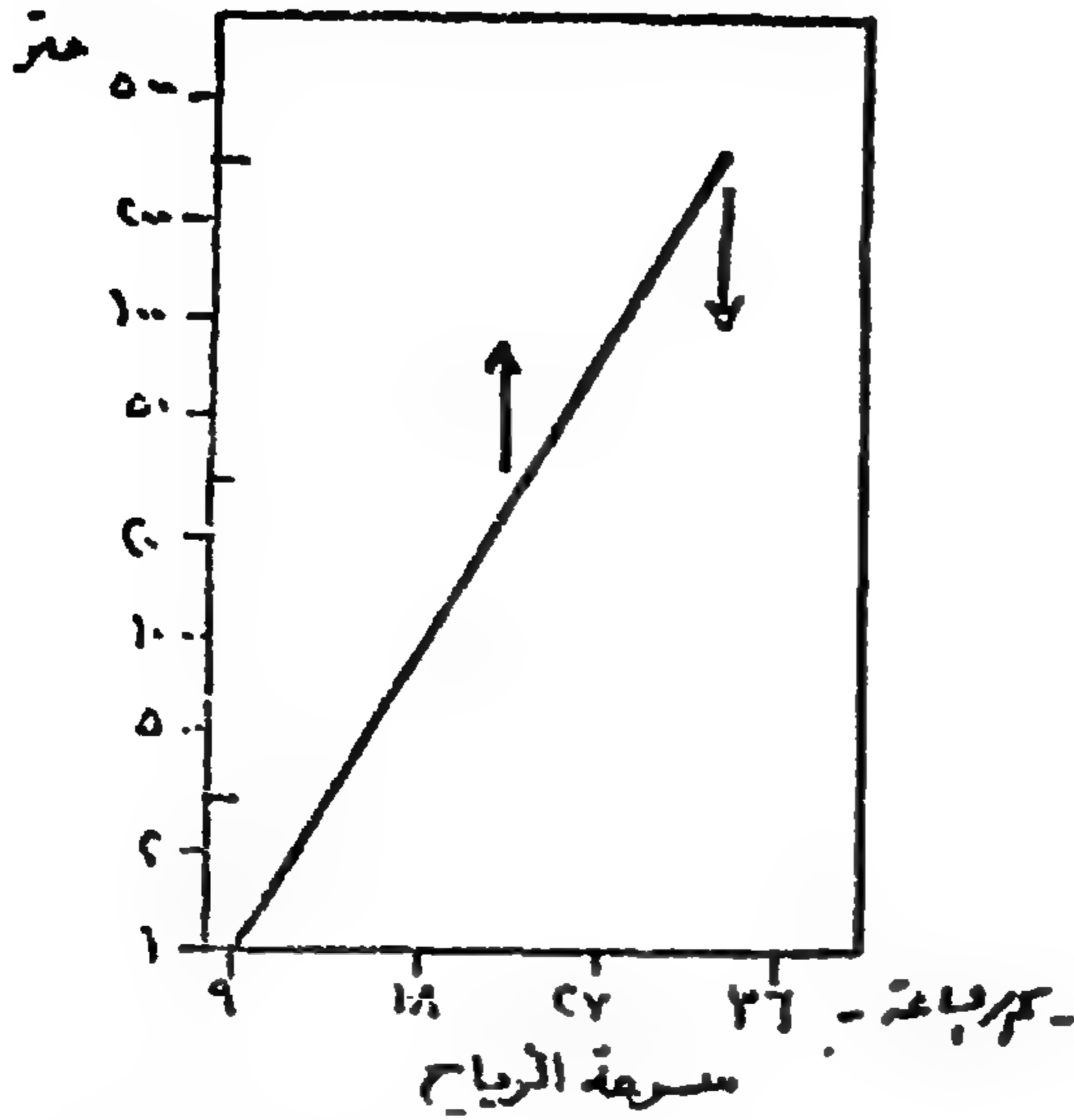
أما أثناء الليل فيصبح الهواء الملاصق لسطح الأرض أشد برودة وأكثر كثافة وأكبر وزنا عن الهواء الذي يقع فوقه . ومن ثم يبقى قريبا من سطح الأرض فلا يحدث تبادل هوائي بينه وبين الهواء الموجود فوقه ، ومن ثم تتوقف قوة الدفع ، كما ويتأثر هذا الهواء القريب من سطح الأرض بفعل احتكاكه بذلك السطح ، وبالتالي تقل سرعته ، بينما تبقى الرياح الأعلى أكثر سرعة وانتظاما .



شكل رقم (٥٣)  
الدورة اليومية للرياح :  
أ - على ارتفاع  
مترين .  
ب - على ارتفاع  
٣٠٠ متر .

#### أثر الارتفاع في سرعة واتجاه الرياح :

من الطبيعي أن تزداد سرعة الرياح بالارتفاع ، لأنها تبتعد عن تأثير تضرر سطح الأرض وأعاقته لحركتها . ويعظم معدل الزيادة في السرعة في المستويات السفلى من التروبوسفير ، خصوصا في مجال سمك ٢ كم ، ثم يقل معدل الزيادة بعد ذلك . وقد وجد أن معدل سرعة الرياح بالارتفاع يزداد في الشتاء عنه في الصيف ، وفي الليل عنه في النهار ، وفي المناطق الباردة عنه في المناطق الحارة . ويرجع ذلك الى عامل الحرارة ، فالسرعة تزداد بانخفاض حرارة الجو واستقراره .



شكل رقم ( ٥٤ )  
اختلاف سرعة الرياح  
كلما ارتفعنا

وقد تبين بالقياس أن سرعة الرياح الغربية في أعالي التروبوسفير تتراوح بين ٣٠٠ - ٣٥٠ كم/ساعة . لكنها تقل في طبقة الاستراتوسفير فلاتزيد عن ١٥٠ كم/ساعة . وتهبط سرعة الرياح الى ١٢ كم/ساعة في طبقة الايونوسفير .

ويزداد الانحراف في اتجاه الرياح بالارتفاع ، وذلك بسبب تحررها من تأثير التضاريس من جهة ، وازدياد سرعتها من جهة أخرى . ويطرد ازدياد الانحراف بالارتفاع حتى تبلغ منسوباً عنده تنحرف كلية الى يمين اتجاهها الأصلي في نصف الكرة الشمالي ، وإلى اليسار في النصف الجنوبي . فإذا كانت الرياح متجهة أصلاً من الجنوب الى الشمال في نصف الكرة الشمالي في طبقات الجو العليا انحرفت الى اليمين وأصبحت تهب من الغرب الى الشرق ، وتسير حينئذ موازية لخطوط تساوي الضغط . وتعرف هذه الرياح العلوية باسم الرياح الجيومستروفية **Geostrophic Winds** .

وتتميز هذه الرياح العلوية بالاستقرار والثبات في السرعة وفي الاتجاه أيضاً ، وإن كانت السرعة عموماً تزداد في الشتاء عنها في الصيف وقد تبين أنها ذات تأثير فعال في أحوال الطقس على سطح الأرض . وهي ، كما قدمنا ، تهب من الغرب نحو الشرق في الأجواء العليا من الأقاليم المعتدلة والباردة ، رغم أنها أصلاً جنوبية شمالية ، لكنها حينما تهب من أجواء النطاق المداري العليا في طريقها نحو المناطق القطبية تتعرض بشدة لقوة كوريولس ، فتتحرف لتصبح غربية .

أما اتجاه الرياح العليا في الأقاليم الاستوائية والمدارية فيكون من الشرق نحو الغرب ، أى عكس الحال في الأقاليم المعتدلة والباردة . وهذه الرياح في الاصل شمالية جنوبية ، تهب من النطاق المدارى نحو النطاق الاستوائى ، فتنحرف بقوة كوريولى لتصبح شرقية غربية .

### التيارات الهوائية العليا النفائة :

لقد تبين أن دراسة حركة الهواء في الطبقات السفلى من الغلاف الجوى ترتبط ارتباطا كبيرا بطبيعة حركة الهواء في طبقات الجو العليا ، خاصة في أعالي طبقة التروبوسفير وفي الطبقة الانتقالية فيما بين التروبوسفير والاستراتوسفير ، والمعروفة باسم التروبوزى . وهى كما سبق أن ذكرنا طبقة انتقالية في الخصائص الحرارية بين الطبقتين المذكورتين . وتحظى بالدراسة والرصد ، فترسم لها خرائط طقس يومية مفصلة ، لانه قد يثبت وجود علاقة قوية بين خصائصها وبين الاضطرابات الجوية التى تحدث على سطح الأرض .

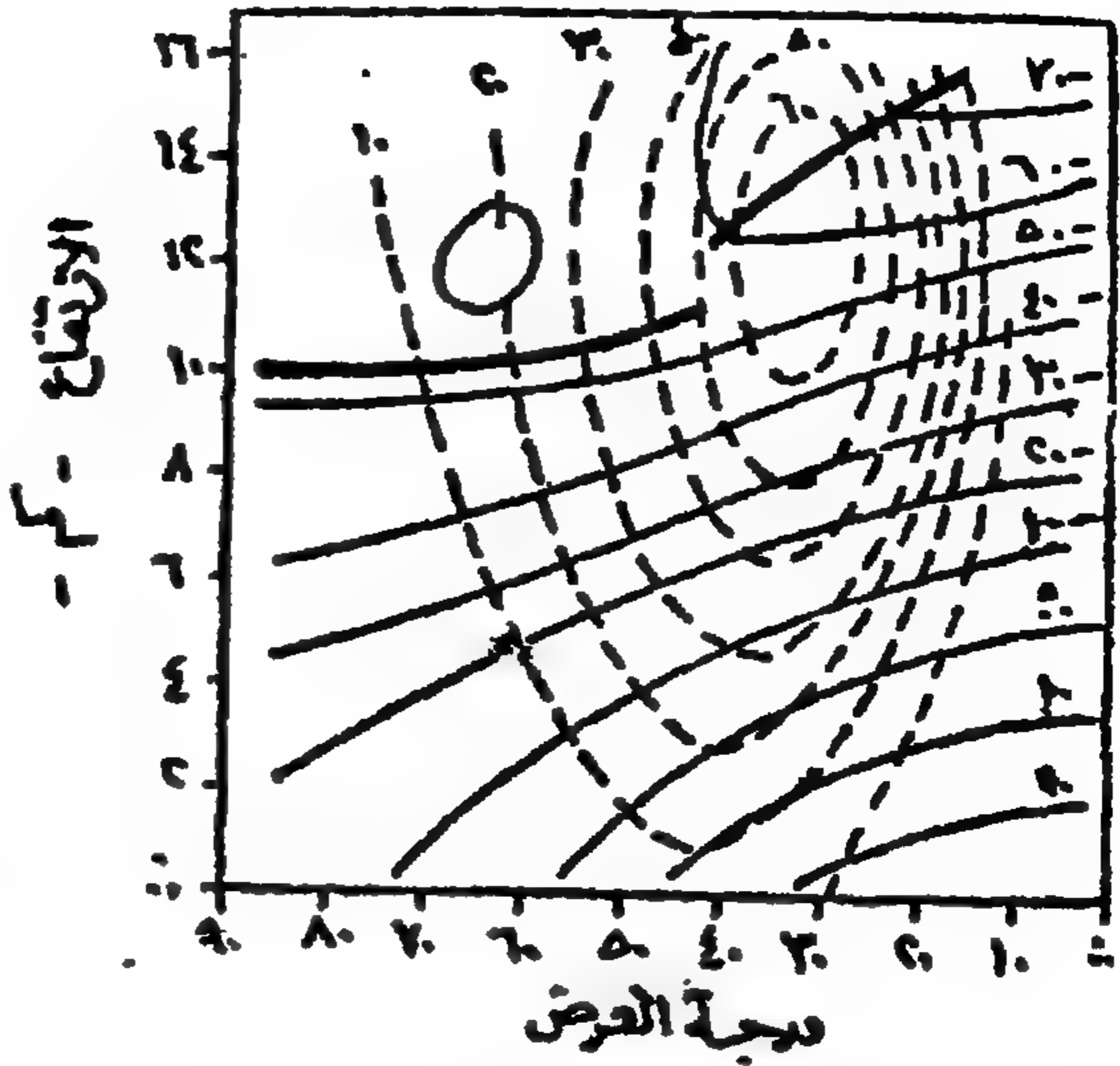
وعلى الرغم من تفاوت ارتفاع طبقة التروبوبوزى (بين ٩ - ١٢ كم فوق المناطق القطبية ، وبين ١٦ - ١٧ كم فوق المناطق الاستوائية والمدارية) فانها تتميز بوجود تيارات هوائية علوية غاية في القوة والسرعة تعرف بالتيارات النفائة Jet Streams ، التى تبلغ سرعة تحركها نحو ٥٠٠ م/ساعة ، ويبلغ اتساعها بين ٥٠٠ - ٦٥٠ كم ، وسماك طبقة الهواء المتحركة والمكونة للتيار نحو ألف متر . ونظرا لاختلاف حرارة التروبوبوزى بين الصيف والشتاء وتفاوت ارتفاعها ، فان التيارات النفائة يتغير ارتفاعها أيضا بين الشتاء والصيف فيما بين ارتفاعى ٨ - ١٣ كم .

وتقع نطاقات هبوب هذه التيارات الهوائية العليا النفائة مسامتة لنطاقات التقاء الجبهات والكتل الهوائية القطبية بالكتل الهوائية شبه المدارية في نصفى الكرة الأرضية . وهى النطاقات الواقعة حول دائرة العرض ٣٥° شمالا وجنوبا تقريبا ، حيث يبلغ معدل انتقال الطاقة بين المناطق المدارية والقطبية أعلى حد له . وتبلغ سرعة هذه الرياح أقصاها عند ارتفاع حوالى ١٢ كم ، ومسامتة لدائرة العرض ٣٥° ، وهى فى حركة دائمة من الغرب الى الشرق ، لكنها تغير مواقعها من يوم لآخر ، كما أنها أقوى فى الشتاء عنها فى الصيف ، لأن ذلك يرتبط بمدى الفرق فى درجات الحرارة بين المناطق المدارية والقطبية . وتترشح نطاقات هبوبها شمالا وجنوبا مع حركة الشمس الظاهرية مثلها فى ذلك مثل الرياح السطحية . وتختلف درجات



حرارة هواء التيارات النفائة ، فهواء جوانبها المواجهة للقطبين باردة ،  
وهواء جوانبها المواجهة للمدارين دافئ .

شكل رقم ( ٥٥ )  
ازدياد سرعة الرياح  
الغربية كلما ارتفعنا  
وموقع التيار النفائات في  
شقاء نصف الكرة الشمالى .  
- الخطوط المقطعة تمثل  
سرعة الرياح الغربية .  
- الخطوط المتصلة تمثل  
انخفاض درجة الحرارة  
بالارتفاع .



وقد تبين من مختلف الدراسات المتيورولوجية أن التيارات الهوائية  
النفائة ذات صلة وثيقة بالاضطرابات الجوية على سطح الأرض ، فهي  
تتحكم الى حد كبير فى اتجاهات المنخفضات الجوية التى تتكون على طول  
الجبهات القطبية فى النطاقات المعتدلة والمعتدلة الباردة ، وفى حركاتها من  
الغرب الى الشرق ، وللتيارات النفائة أهمية فى مجال الطيران المرتفع ،  
ذلك ان الطائرات تتبع مساراتها المواتية كى توفر فى الوقود ، وتزيد من  
السرعة . ولعله من الطريف أن نذكر أن قواد الطائرات العسكرية الأمريكية  
كانوا أول من اكتشف التيارات النفائة ، خلال غاراتهم الجوية على جزر  
اليابان ابان الحرب العالمية الثانية .

### أنواع الرياح :

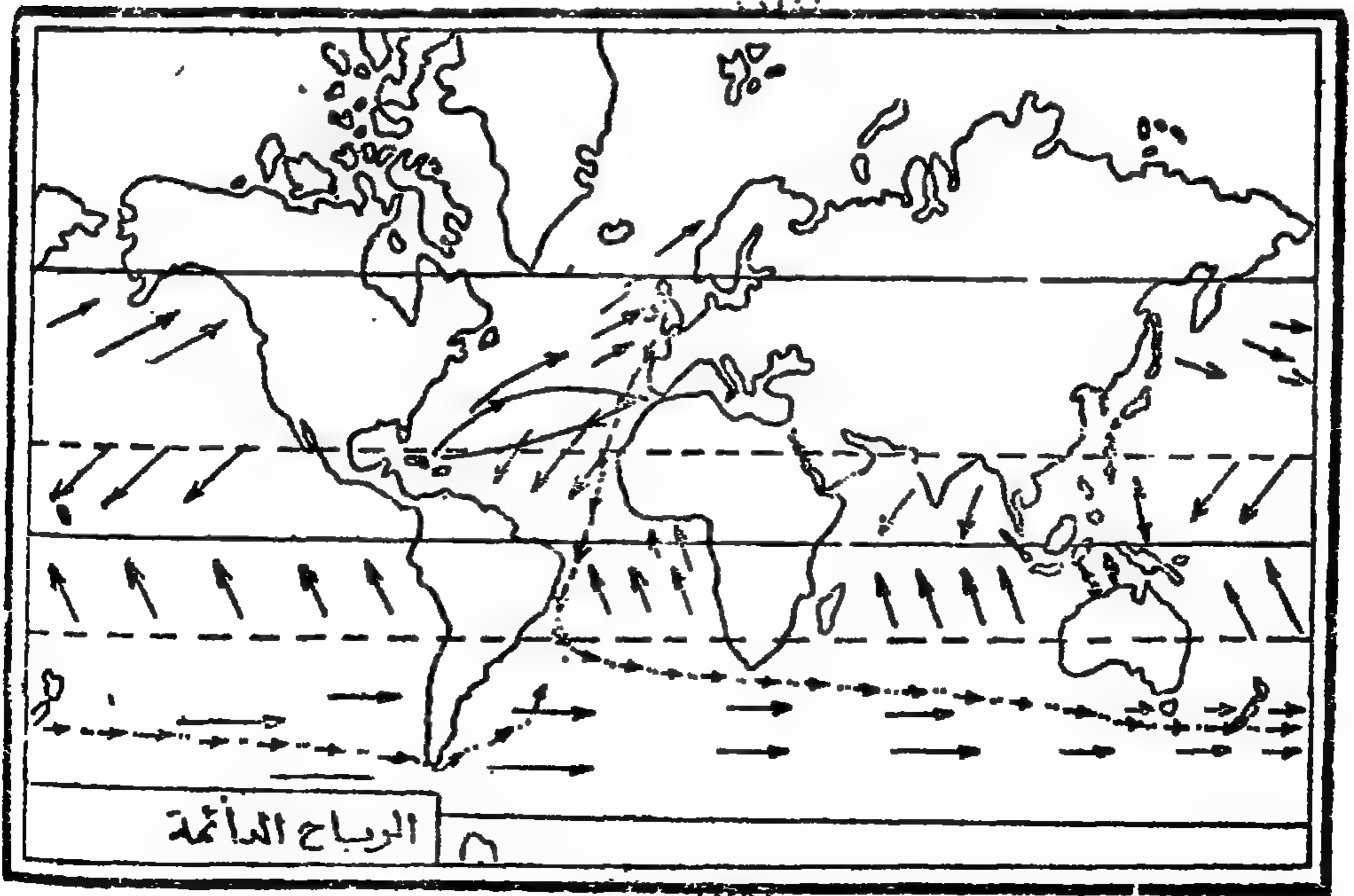
- للرياح أنواع مختلفة يمكن وضعها ضمن أربع مجموعات هى :
- ١ - الرياح الدائمة .
  - ٢ - الرياح الموسمية .
  - ٣ - الرياح المحلية .
  - ٤ - الرياح اليومية .

ويرتبط توزيع الرياح ارتباطا وثيقا بتوزيع الضغط الجوى واختلافه  
من منطقة لأخرى . وقد أدى توزيع الضغط الجوى بالشكل الذى وصفناه فى  
الفصل السابق الى نشأة نظم خاصة بالرياح ، بعضها يظل ثابتا دائما تقريبا  
طوال العام ، بينما يتغير بعضها الآخر تبعا لما يصيب الضغط الجوى من  
تغيرات .

وتهب الرياح الدائمة بنظام ثابت تقريبا طول السنة ، وان كانت تختلف في مدى قوتها ومجالات هبوبها من فصل لآخر . ويحدد هذه الرياح التوزيع الجغرافي لنطاقات الضغط الجوى في العالم . وتتمثل في ثلاثة أنواع هى : الرياح التجارية **The Trades** والرياح العكسية أو الغربية **The Westerlies** ، والرياح القطبية **The Polar Winds** .

أما الرياح الموسمية فتهب خلال مواسم أو فصول معلومة من كل سنة ، وذلك بسبب تغيرات فصلية في توزيع درجات الحرارة والضغط الجوى في مكان أو آخر على سطح الأرض ، ويتغير نظامها أحيانا تغيرا كاملا في موسم الصيف عنه في موسم الشتاء .

وتتميز الرياح المحلية التى تصاحب المنخفضات الجوية ، بأن تأثيرها يقتصر على مساحات محدودة من سطح الأرض ، ولا تهب الا أثناء فترات قصيرة لاتزيد على بضعة أيام ، فهبوبها متقطع في فصول معروفة ، ولها أسماء محلية متعددة ، وبعضها حار مقرب ، وبعضها الآخر بارد جاف . والرياح اليومية رياح دورية محلية يتغير اتجاهها بين النهار والليل .



شكل رقم (٥٦) الرياح الدائمة

## الرياح الدائمة :

هى أهم أنواع الرياح ، اذ أنها تهب طول العام ، وتشمل ، كما أسلفنا ، الرياح التجارية أو التجارية ، والعكسية أو الغربية أو الغربيات ، ثم الرياح القطبية . ولكل منها خصائص ومميزات نجملها فيما يلى :

## الرياح التجارية :

تهب الرياح التجارية من نطاقى الضغط المرتفع فيما وراء المدارين (عروض الخيل فيما بين دائرتى عرض  $30^{\circ}$  -  $35^{\circ}$  شمالا وجنوبا) الى نطاق الضغط المنخفض (الزهو أو الركود) الاستوائى . ويسبب تأثير قوة كوريولس التى تجعل هذه الرياح تنحرف الى يمين اتجاهها الاصلى فى نصف الكرة الشمالى ، وإلى يسار اتجاهها الاصلى فى نصف الكرة الجنوبى ، فان اتجاهها يصبح شماليا شرقيا فى نصف الكرة الشمالى ، وجنوبيا شرقيا فى نصف الكرة الجنوبى . ولهذا فانها تعرف أحيانا بالشرقيات **Easterlies** تميزا لها عن الغربيات **Westerlies** أو الرياح الغربية أو العكسية .

وتتميز الرياح التجارية بانتظام هبوبها طول السنة سواء فى اتجاهها أو فى قوتها . وقد كانت لهذه الرياح أهمية عظيمة فى الملاحة البحرية أيام شيوع السفن الشراعية ، فالرياح الشمالية الشرقية هى التى ساعدت كولومبس فى اجتياز المحيط الاطلنطى من غرب افريقية الى جزر الهند الغربية (جزر البحر الكاريبى) . وقد كانت السفن الشراعية التى تجوب نطاق الزهو الاستوائى تعاني من سكون الهواء وركوده فى تلك النطاق الذى يتميز بالهواء الصاعد ، وكانت تتوقف عن الحركة فترات قد تمتد لبضعة أيام حتى يدركها هبوب الرياح التجارية الخفيفة فيساعدنا على الحركة ، وينقذها من الركود .

ويبلغ اتساع نطاق هبوب الرياح التجارية نحو ١٩٠٠ كم فى كل من نصفى الكرة الأرضية ، أى ما يقرب من ثلث مساحة الكرة الأرضية . ويكاد يقتصر هبوبها على طبقات الجو السفلى فيما بين ارتفاعى ٣ - ٤ كم . وسمعتها معتدلة تتراوح بين ١٦ - ٢٤ كم أى حوالى ٢٠ كم فى المتوسط . وهى أكثر استقرارا وهدوءا فى الاجزاء الشرقية من المحيطات عنها فى الاجزاء الغربية منها ، كما تتميز شرقى القارات فى مجال هبوبها برداءة الرؤية ، وذلك بسبب كثرة تكون الضباب فوق مياه التيارات البحرية الباردة، وكثرة الغبار العالق بالجو بسبب هبوب رياح تجارية متربة من اليابس المجاور . وللرياح التجارية أثر مهم فى تلطيف حرارة الجو فى الاقاليم التى تهب



عليها ، لأنها تنتقل من جهات أقل حرارة الى جهات أعلى حرارة . واليهما يعزى اعتدال جو الوجه البحرى بمصر صيفا .

والرياح التجارية جافة بصفة عامة الا اذا مرت على مسطحات بحرية أو محيطية ، فأنها حينئذ تتشبع ببخار الماء ، الذى يتساقط فى شكل أمطار على الاجزاء المرتفعة فى السواحل الشرقية من القارات التى تقع فى مناطق هبوبها ، ولكنها تصل جافة الى الأجزاء الغربية من القارات التى تقع فى نفس دوائر العرض . وهذا هو السبب فى أن معظم صحارى العالم فى مجال هبوب الرياح التجارية تقع فى غرب القارات .

هذا ويتزحزح مجال هبوب الرياح التجارية فى نصفى الكرة الأرضية نحو الشمال ونحو الجنوب ، تبعا لحركة الشمس الظاهرية ، وما يتبعها من تزحزح نطاقات الضغط المنخفض الاستوائى شمالا وجنوبا ، ويتحدد مجال التزحزح فى نحو عشر درجات عرضية . ويترتب على ذلك عبور الرياح التجارية لدائرة الاستواء ، فتضطرب لتغير اتجاهها الاصلى حسب قانون فرل (قوة كوريولى) . فتصبح الرياح التجارية الجنوبية الشرقية بعد عبورها دائرة الاستواء جنوبية غربية ، كما تصبح الرياح التجارية الشمالية الشرقية بعد عبورها دائرة الاستواء شمالية غربية .

### الرياح العكسية :

تهب من منطقتى الضغط المرتفع وراء المدارين (عروض الخيل) الى منطقتى الضغط المنخفض عند الدائرتين القطبيتين ، واتجاهها جنوبية غربية فى النصف الشمالى للكرة الأرضية ، وشمالية غربية فى النصف الجنوبى . وتعرف أحيانا ، كلما أسلفنا ، بالرياح الغربية أو الغربيات .

وتختلف عن الرياح التجارية بقلة انتظامها وعدم استقرارها على حالة واحدة فى اتجاهها أو فى قوتها ، كما تمتاز بظهور كثير من الأعاصير التى تنتقل من الغرب الى الشرق ، وأثناء هبوب الأعاصير يسود الاضطراب فى اتجاه الرياح وسرعتها ، وقد تحدث عواصف هوجاء تصحبها رياح تهب من كل الجهات .

والرياح العكسية تهب على جهات أبرد من الجهات التى تهب منها ، وتكون مشبعة بالبخر ، ولذلك فإنها تجلب الدفء والأمطار للجهات التى تهب عليها فى غربى القارات .

ويشتد ساعد الرياح الغربية ، وتعظم قوتها فيما بين دائرتى عرض



٤٠° - ٥٠° جنوباً ، ولذلك تسمى هذه العروض لدى البحارة باسم العروض  
أو (الأربعينيات) المزمجرة **Roaring Forties** ، كما تسمى الرياح ذاتها  
«بالغريبات الجسورة» .

والرياح الغربية أكثر انتظاماً في نصف الكرة الجنوبي عنها في النصف  
الشمالي . فهي تتصف في النصف الشمالي بالتغير الكبير من فصل لآخر .  
بسبب الاختلاف الفصلي في درجات الحرارة وفي توزيع الضغط فوق اليابس  
والماء اللذين يتداخلان في بعضها بشكل واضح . أما في النصف الجنوبي  
فهبوبها منتظم بسبب تجانس السطح لغلبة الماء عليه ، خاصة فيما بين  
دائرتي عرض ٣٥° - ٦٠° جنوباً ، وإن كانت تتميز بسرعتها العظيمة .

وتتميز الهوامش الشمالية لمجالات هبوب الرياح الغربية في نصف  
الكرة الشمالي في الأجزاء الغربية من المحيطين الأطلسي والهادي بكثرة  
حدوث الضباب . ويرجع سبب ذلك إلى تحرك الرياح الغربية الدافئة  
الرطبة فوق مياه المحيط الباردة . وفي تلك المناطق تلتقي تيارات بحرية  
دافئة آتية من الجنوب بتيارات مائية باردة آتية من الشمال مما يؤكد تكوين  
الضباب الكثيف . وهذا ما يشاهد بكثرة حول نيوزيلندا وجنوب جرينلندا  
في المحيط الأطلسي ، وحول جزر كوريل وألوشيان في شمال المحيط الهادي .

### الرياح القطبية :

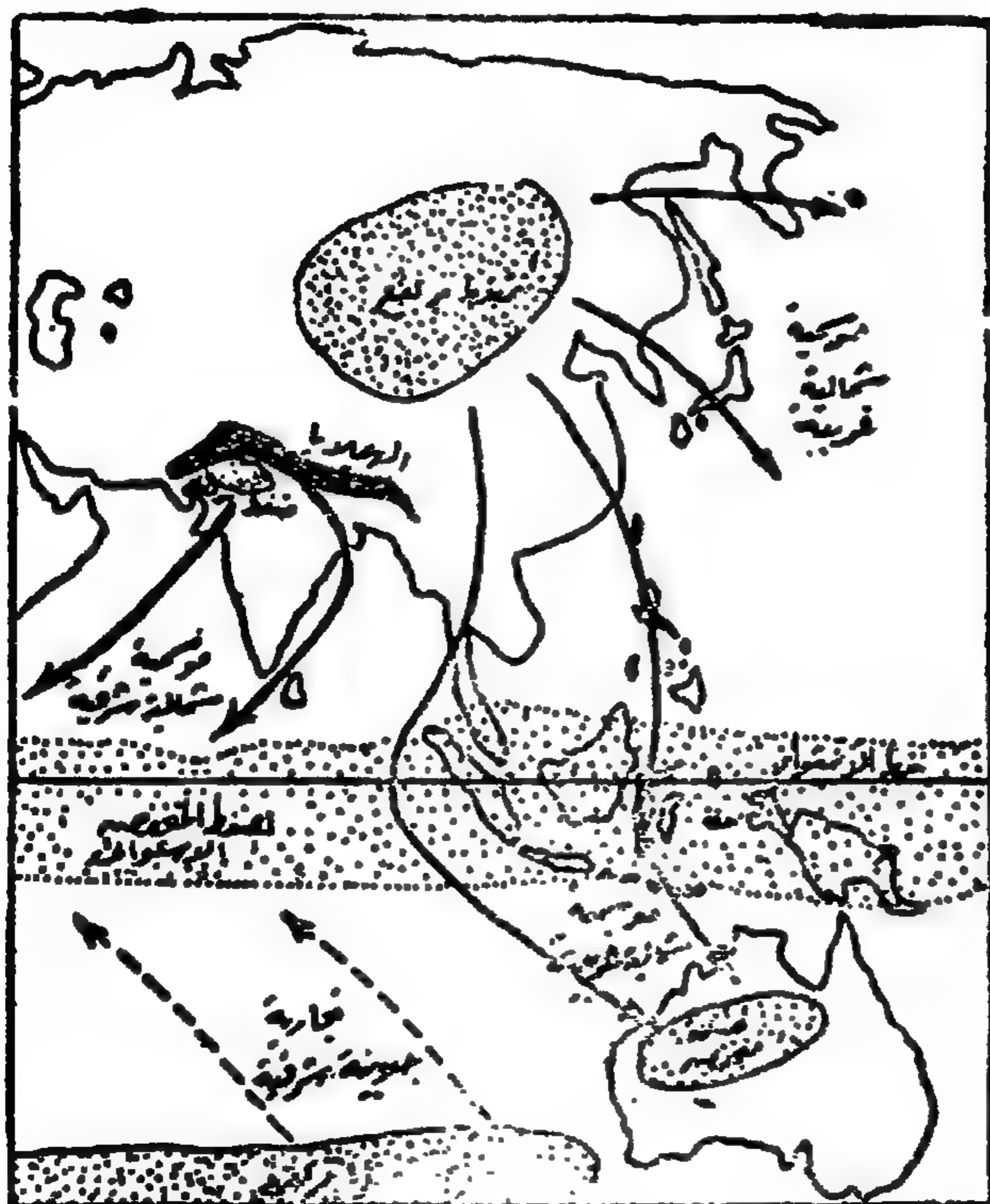
تهب من القطبين إلى منطقتي الضغط المنخفض عند الدائرتين  
القطبيتين ، ويكون اتجاهها شمالية شرقية في نصف الكرة الشمالي ،  
وجنوبية شرقية في النصف الجنوبي ، ومن أهم مميزات هذه الرياح أنها  
باردة وجافة . وهي رياح ضعيفة في العادة ، ولهذا عندما تلتقي بالرياح  
العكسية ، تتفوق عليها الأخيرة وتسود في مجالات هبوبها . هذا ويؤدي  
التقاء الرياح العكسية بالرياح القطبية إلى تشكيل جبهة هوائية تتولد على  
امتدادها الأعاصير التي تنتقل من الغرب إلى الشرق مع الرياح الغربية .

### الرياح الموسمية :

وتهب هذه الرياح في مواسم معينة ، وتتميز بأن اتجاهها يتغير في  
معظم الأحيان في فصل الصيف عنه في الشتاء ، وهي تظهر غالباً فيما بين  
المدارين ، وعلى المناطق الشرقية للقارات ، وخير مثال لدينا هو الرياح التي  
تهب على القارة الآسيوية وخاصة على الهند والهند الصينية والصين واليابان  
وكوريا .

**وهي على نوعين : موسمية شتوية ، وموسمية صيفية .**

ففى الشتاء يكون الهواء باردا فوق قارة آسيا فيزداد ضغطه بسبب ارتفاع كثافته ، فى حين يكون الهواء على المحيطين الهادى والهندي أدفا من الهواء على اليابس ، وبالتالي يكون ضغطه أقل ارتفاعا ، وتبعاً لذلك تندفع الرياح من القارة الآسيوية نحو المحيطين السابقين . أى أنها تهب من الداخل نحو السواحل الجنوبية والشرقية ، وتتميز هذه الرياح الموسمية الشتوية بأنها باردة جافة إلا اذا عبرت البحار أو المحيطات ، فتتها تتشبع ببخار الماء الذى يسقط على شكل أمطار عندما تعترضها المرتفعات .



شكل رقم (٥٧)  
الرياح الموسمية  
في فصل الشتاء

وفي فصل الصيف يحدث العكس ، حيث يكون الهواء على القارة أكثر حرارة ، مما يقلل من ضغطه (ضغط منخفض) ، في حين يكون الهواء على المحيطين الهادى والهندي أقل حرارة ، وبالتالي أعلى ضغطا ، فتندفع الرياح منها نحو القارة ، وتكون جنوبية شرقية على شرقى القارة ، وجنوبية غربية على الهند ، وهذه الرياح الصيفية لها أهمية خاصة ، لأنها تأتي بالامطار الغزيرة على جنوب قارة آسيا وشرقها ، تلك الامطار التى يتوقف عليها قيام الزراعة ونجاحها ، ومن ثم اعادة مئات الملايين من السكان .

ومنذ بداية السبعينيات بدأت تظهر نظريات حديثة بعدما اتضح ضعف النظرية الكلاسيكية التي شرحناها والتي تفسر الرياح الموسمية على أساس الاختلاف في توزيع الضغط الجوي بين وسط القارة والمحيطات المحيطة بها في الصيف وفي الشتاء . وقد اتضح قصور تلك النظرية عندما تبين أن الضغط المرتفع الذي يتركز فوق وسط القارة في الشتاء لا يوجد الا في طبقة ضحلة من التروبوسفير .



شكل رقم (٥٨)  
الرياح الموسمية  
في فصل الصيف

وتأخذ النظريات الحديثة في الحسبان عدة اعتبارات أهمها عظم مساحة اليابس القارة الآسيوية واتصاله غربا بياض القارة الأوروبية ، وهذا من شأنه أن يساعد على زحزحة نطاق الضغط المنخفض الاستوائي في الصيف حتى العروض الثلاثينية (حوالي ٢٥ - ٣٠° شمالا) . وفي ذات الوقت يعاون الضغط المنخفض الذي يتكون في وسط آسيا صيفا على جذب الرياح الموسمية شمالا حتى يصل تأثيرها الى جزر اليابان وشرق منشوريا . اضافة الى أهمية تجاور المسطحات المائية الهائلة المساحة مع اليابس الأوراسي المتراعى الأطراف .

هذا وقد تبين من الدراسات الحديثة أن الرياح السائدة في طبقات الجو



• العليا في جنوب آسيا هي رياح غربية ، حتى مع أن الرياح السطحية هي رياح موسمية . وتوضح خرائط مسارات الرياح الغربية العلوية أثناء فصل الشتاء ، أن نطاق جبال الهيمالايا وهضبة التبت يعترض مسارات تلك الرياح ، ويقسمها الى شعبتين ، تجرى شعبة منهما في جنوبى ذلك النطاق الجبلى الهضبى العظيم الارتفاع ، وتقع الشعبة الثانية في شماليه . وتقرب الشعبة الجنوبية شتاء ويتولد فيها تيار نفاث شديد الباس ، يجذب رياحا شمالية باردة من مراكز الضغط المرتفع الرابضة فوق مرتفعات شمال غرب شبه القارة الهندية . وفي ذات الوقت يكون ذلك التيار النفاث حاجزا منيعا يحول دون توغل الرياح الموسمية التى تهب من المسطحات المائية المجاورة من التوغل في اليابس بعيدا عن الساحل .

وفي بداية الصيف تتوفر عدة عوامل تساعد على اندفاع الرياح الموسمية الصيفية من المسطحات المائية المحيطة وتوغلها في داخل القارة الاسيوية ، جالبة معها المطر الغزير منها :

١ - اضمحلال الشعبة الجنوبية من التيار النفاث وانتقالها شمالا مع بداية الصيف .

٢ - تكوين تيار نفاث في مجال هبوب الرياح التجارية الشمالية الشرقية حول دائرة العرض ١٥° شمالا .

٣ - تكوين نطاق من الضغط المنخفض العميق يتمركز فوق شمال الهند .

هذا وتنفرد القارة الاسيوية بهذا النظام الموسمي المثالى . وتوجد نظم شبه موسمية في جهات اخرى من العالم مثل شمال استراليا، وسواحل اليمن وعمير ، وفي الحبشة ، وفي جنوب وجنوب شرق الولايات المتحدة الامريكية .

### الرياح المحلية :

هي رياح تنشأ نتيجة لاختلاف الضغط الجوى فوق مساحات صغيرة نسبيا ولمدد قصيرة ، كما تسبب بعضها عوامل خاصة تتصل بأشكال التضاريس وهي تختلف عن الرياح الموسمية في أنها لا تشمل موسما كاملا ، وانما تهب في فترات متقطعة .

وتهب الرياح المحلية حول المنخفضات الجوية ، ونظام هبوبها لذلك له نظام خاص لا يتمشى بالضرورة مع دورة الهواء العامة . ففي النصف الشمالى من الكرة الأرضية تهب الرياح المحلية في مقدمة الانخفاضات الجوية من الجنوب ، ولذلك تكون حارة أو دافئة خصوصا في النصف الصيفى من



السنة . أما في مؤخرة المنخفض فتهب من الشمال ، ولذلك تكون باردة خصوصا في النصف الشتوى من السنة . ولكل من هذه الرياح تأثيره الخاص من الوجهة البشرية . وهى تسمى بأسماء متباينة بحسب المناطق التى تهب عليها .

ويمكن تقسيم الرياح المحلية الى المجموعات الرئيسية الثلاث الآتية :

#### ١ - مجموعة الرياح المحلية الحارة :

ويهب معظمها في مقدمة المنخفضات الجوية ، وأشهرها الخماسين والقبلى ، والسيروكو والسولانو ، والهرمطان والهبوب .

#### ٢ - مجموعة الرياح المحلية الدافئة :

ويهب معظمها في مقدمة المنخفضات الجوية ، ولكنها لا تظهر الا في المناطق الجبلية ، حيث تكتسب معظم حرارتها نتيجة لتضاغطها على منحدرات الجبال ، ومن أشهرها رياح الفون والشنوك .

#### ٣ - مجموعة الرياح الباردة :

وتهب في مؤخرة المنخفضات الجوية ، كرياح المسترال في وادى الرون ، ورياح البورا في شمال البحر الأدرياتي .

#### الرياح المحلية الحارة :

##### الخماسين :

ويكون هبوبها في فصل الربيع وأوائل الصيف ، أى في مارس وأبريل ومايو ويونيو بمعدل ثلاث مرات في الشهر ، وهى لا تهب في جميع هذه الفترات بانتظام ، ولكنها تهب في فترات متقطعة عندما توجد منطقة من الضغط المنخفض في شمال غربى الدلتا شكل رقم ( ٥٩ ) .

والخماسين رياح ساخنة ترفع من درجة الحرارة ، وتحمل الغبار وتنشره في الجو ، فيؤذى الانسان والحيوان والنبات الرقيق كالخضر التى تتأثر بانخفاض الرطوبة النسبية انخفاضاً واضحاً .

ويصيب مدن مصر وقراها مقدار عظيم من الأتربة والرمال الدقيقة فلقد قدر ما سقط من غبار عاصفة خامسينية حدثت في يومى ٢٣ ، ٢٤ فبراير من عام ١٩٨١ على مدينة القاهرة وحدها ما زنته أكثر من خمسة آلاف طن ، وقد خص الكيلو متر المربع الواحد من مساحة المدينة نحو ١٦ طناً . وتعذرت الرؤية لمسافة مائة متر ، وبلغت سرعة الرياح المتقلبة الاتجاه أكثر من ٨٠ كم في الساعة .



شكل رقم (٥٩)  
رياح الخماسين

والأيام التي تسود فيها هي في المتوسط ٢٧ يوما في كل عام ، منها نحو سبعة أيام في كل من مارس وأبريل ، وستة في فبراير ، وخمسة في مايو ، ويومان في يونيو . ويستمر هبوب الرياح حين يمر منخفض خماسيني على مصر من يوم الى خمسة أيام ، يكون فيها يوم واحد شديد الحرارة قاسيا ، ويكون الجو فيه مكفهرًا متريًا ، يبعث في النفس الضيق والضجر .

ويختلف اتجاه الرياح باختلاف موقع المكان من مركز الأعصار . ويكون اتجاهها جنوبية شرقية اذا كان مركز الأعصار في غرب الدلتا ، فاذا أصبح في شمال الدلتا صارت جنوبية ، فاذا ما صار في شرق الدلتا أصبحت جنوبية غربية . وهي تسبب الكثير من الحرائق في الريف بسبب اضطراب وكثرة تغير اتجاهها ، كما تنشر أمراض العيون .. وتبلغ درجة الحرارة أثناء الموجة الحارة ٤٥° م . وفي نهاية الموجة تهب الرياح باردة من الشمال ، فتتخفض الحرارة الى نحو ١٥° مئوية .

#### رياح القبلى (الجبلى) :

هي كما يدل اسمها رياح جنوبية ، وهي محلية صحراوية ، وحارة متربة ، تشبه الخماسين في جميع خصائصها . وهي تهب على الأجزاء الشمالية من ليبيا في مقدمة المنخفضات الجوية التي تمر بأزاء السواحل

الجنوبية للبحر المتوسط من الغرب الى الشرق في فصل الربيع وأحيانا في الخريف . وحين تهب على سواحل برقة تجلب الغبار ذا اللون الضارب الى الحمرة من جنوب برقة الحمراء . أما بالنسبة لسواحل سرت غربا حتى الحدود مع تونس فيصير الغبار رماديا من الصحراء الليبية . ويحدث أن تنخفض الرطوبة النسبية عند هبوب القبلى الى أقل من ١٠ ٪ ، لانها تأتي من الجنوب من ناحية الصحراء .

### رياح السموم والغبار والطورز :

السموم رياح صحراوية حارة جافة متربة ، فهي صورة مكثفة من الخماسين والقبلى . وتشتهر بها الأجزاء الشمالية من صحراء شبه جزيرة العرب وكذلك فلسطين والأردن وسوريا . وتهب على تلك الجهات بصفة عامة من الجنوب ، وذلك في مقدمة المنخفضات الجوية التى تمر بتلك الجهات في فصل الربيع .

أما الغبار والطورز فتهبان من صحراء الزبج الخالى الى منطقة الخليج العربى . وتشتهر الكويت بالطورز . وهى جميعا رياح شديدة القىظ ، يصحب هبوبها طقس معتم كثيف الغبار .

### رياح السيروكو :

يقال ان كلمة سيروكو Sirocco مأخوذة عن الكلمة العربية «شرق» . وهى رياح محلية تهب من الصحراء الكبرى الافريقية العربية عبر البحر المتوسط الى جزره (جزر كريت وايجه وصقلية) وإلى اليونان وإيطاليا وإلى جنوب فرنسا أحيانا ، وذلك في فصل الربيع . وهى فى الأصل الخماسين والقبلى بعد هبوبهما على شمال أفريقيا تعبران البحر المتوسط حيث تسميان فى جنوب أوروبا بالسيروكو .

ويساعد على ازدياد قوتها التغير السريع فى الضغط الجوى من الجنوب الى الشمال ، وتكون حارة محملة بالأتربة ، ثم تتشبع بالرطوبة عند مرورها على مياه البحر المتوسط ، فتسقط حمولتها من بخار الماء على تلك الجهات مطرا . والسيروكو آثار سيئة على الانسان بسبب شدة حرارتها وعظم رطوبتها وكثرة غبارها ، وعلى النبات الذى قد يتلف بسببها .

### رياح السولانو :

السولانو Solano كالسيروكو رياح ساخنة تهب من الصحراء الكبرى الافريقية على جنوب اسبانيا ، وتكون محملة بالرمال والرطوبة . وهى

تهب شرقية على منطقة جبل طارق، وتنتسب في أحداث دوامات مائية تكون خطرا على الملاحة .

ويطلق على هذه الرياح أحيانا اسم الليفانتر *Levanter* لأنها تهب من الشرق ، أى من جهة الليفانتر *Levant* ، وهو التعبير الأوروبى الذى يطلق على منطقة الحوض الشرقى للبحر المتوسط .

وتهب هذه الرياح على شرق أسبانيا حيث تسمى ليست *Leste* أى الشرقية . وعلى جنوب شرقها حيث تعرف باسم ليفيش *Leveche* وجميعها ، كما أسلفنا ، رياح حارة رطبة متربة تهب في مقدمة المنخفضات الحارة بمنطقة الحوض الغربى للبحر المتوسط .

### الهريمتان :

الهريمتان *Harmattan* رياح محلية حارة شديدة الجفاف ومتربة . وتهب من الصحراء الكبرى الأفريقية في فصلى الشتاء والربيع نحو ساحل غانا في غرب إفريقيا . واتجاهها شرقى أو شمالى شرقى . وسبب هبوبها الاختلاف بين الضغط المرتفع فوق الصحراء الكبرى في الشتاء وبين الضغط المنخفض الاستوائى .

ورغم أنها حارة ومتربة فإن السكان هناك يرحبون بهبوبها ، ويسمونهم الطيب ، لأنها تريحهم ، ولو لفترة قصيرة ، من الرطوبة العالية التى يتصف بها ساحل غانا وإفريقيا الغربية .

### الهبوب :

هى زوابع ترابية تهب على شمال السودان ومنطقة جنوب البحر الأحمر في فصل الصيف ، وهى تنشأ بسبب منخفضات محلية شديدة في الضغط تتولد نتيجة لشدة الحرارة ، فيؤدى هذا الى إثارة تيارات هوائية صاعدة محملة بالأتربة مرعان ما تتلقفها الرياح الجنوبية السائدة حينئذ ، وتدفعها في هيئة سحب هائلة من الغبار ، وتلقى به على المدن والقرى . وقد تبقى هذه الأحوال من يوم الى ثلاثة أيام ، ويصحبها برق ورعد وتساقط أمطار .

### البريكفيلدرز *Brickfielders* :

رياح حارة متربة تهب في فصلى الربيع والصيف على جنوب شرق استراليا من الصحراء الغربية الأسترالية في مقدمة المنخفضات الجوية التى تعبر القارة من الغرب الى الشرق . وتنتهى بعد أن تهب عدة أيام ، وتحل



محلها رياح باردة في مؤخرة المنخفض تهب من الجنوب ، وتعرف باسم  
الرياح المندفعة الجنوبية *Southerly Buster* .

الرياح المحلية الدشيئة :

رياح الفون *Foehn* :

هى رياح دافئة جافة ، تهب من شمال ايطاليا الى سويسرا ، والمانيا  
في فصلى الشتاء والربيع . وهى تنشأ من التباين في الضغط بين منطقة سهل  
لومباردى وسفوح الألب الجنوبية حيث يرتفع الضغط ، وبين سفوح الألب  
الشمالية ووسط أوروبا حيث تمر المنخفضات الجوية أو الأعاصير من الغرب  
الى الشرق . فيؤدى هذا الى اندفاع الهواء من الضغط المرتفع صاعدا على  
السفوح الجنوبية للألب فيبرد ، ويتكاثف بخاره ، ويتساقط مطرا ، فيكتسب  
الهواء أسعار الحرارة الكامنة التى كانت ببخار الماء ، وعندما تهبط الرياح  
على السفوح الشمالية للألب ، تتضاغط ، فتزداد حرارتها . لذلك تصبح  
هذه الرياح دافئة وجافة .

ولهذه الرياح آثار طيبة ، فهى تذيب الجليد ، وترتفع بسببها حرارة  
الاقاليم التى تهب عليها من صفر الى ١٥°م وأحيانا الى ٢٠°م، ولذلك تساعد  
على نضج الفواكه والحبوب . وقد تسبب الفون بعض حرائق الغابات  
لسرعتها وشدة جفافها ، كما قد تضر مرضى القلب .

رياح الشنوك :

وتشبه الشنوك *Chinook* الفون في مواسم هبوبها ، فهى تهب في الشتاء  
والربيع ، كما تشبهها في طريقة هبوبها . فهى تاتى من المحيط الهادى نحو  
غرب أمريكا الشمالية ، فتعترضها جبال الروكى ، فتضطر الى الصعود على  
سفوحها الغربية ، والهبوط على سفوحها الشرقية ، فتدفا بسبب تضاعفها .  
والكلمة من أصل هندى أمريكى، وتعنى مذيبة الثلوج بسبب ارتفاع حرارتها .  
وهى لذلك تساعد على نضج محصول القمح في برارى الولايات المتحدة  
وكندا ، كما تساعد على نمو المراعى .

سانتا انا :

تهب رياح سانتا انا *Santa Ana* على جنوب كاليفورنيا بالولايات  
المتحدة في فصلى الشتاء والربيع (حيث تمر الأعاصير) من الصحراء الواقعة  
شرق السيرا نفاذا حيث يرتفع الضغط ، ومنه يندفع الهواء عبر الجبال ،  
ثم ينحدر الى الساحل الغربى حيث تمر المنخفضات الجوية .

وهى نوع من الرياح يحمل صفات الخاسين وصفات الفون ، فهى

كالخماسين صحراوية وحارة مقربة ، وعندما تهبط من أعالي السيرانفادا تتضاغط ، وترتفع حرارتها أكثر ، كما يحدث للفون ، وهي ذات تأثير مـىء على المحاصيل خصوصا فى الربيع حينما تبدأ أشجار الفاكهة فى إخراج براعمها ، كما أنها مصدر مضايقة للإنسان والحيوان . وهى تحمل اسم وادى سانتا أنا الذى تهب على امتداد طوله .

### الرياح المحلية الباردة :

#### المسترال :

تهب رياح المسترال Mistral فى فصل الشتاء من أواسط فرنسا نحو الجنوب خلال دهليز وادى الرون . تجذبها بشدة الانخفاضات الجوية المارة فى الحوض الغربى للبحر المتوسط ، فتندفع بسرعة تبلغ نحو ٦٠ كيلو مترا فى الساعة ، وقد تبلغ المائة ومما يزيد فى سرعة هذه الرياح وشدة برودتها هبوط الهواء البارد من ذرى الجبال المحيطة بسوادر الرون نحو قاعه ، فيضاف الى هوائها البارد . وحينما تصل الى مياه البحر المتوسط تثير المياه فتعلو الأمواج وتصبح خطرا على الملاحة البحرية .

وهى باردة جدا وجافة وتؤخر نضج المحاصيل ، وتسبب برودة سواحل الريفيرا ، فيهجرها السائحون أثناء هبوبها .

#### البورا :

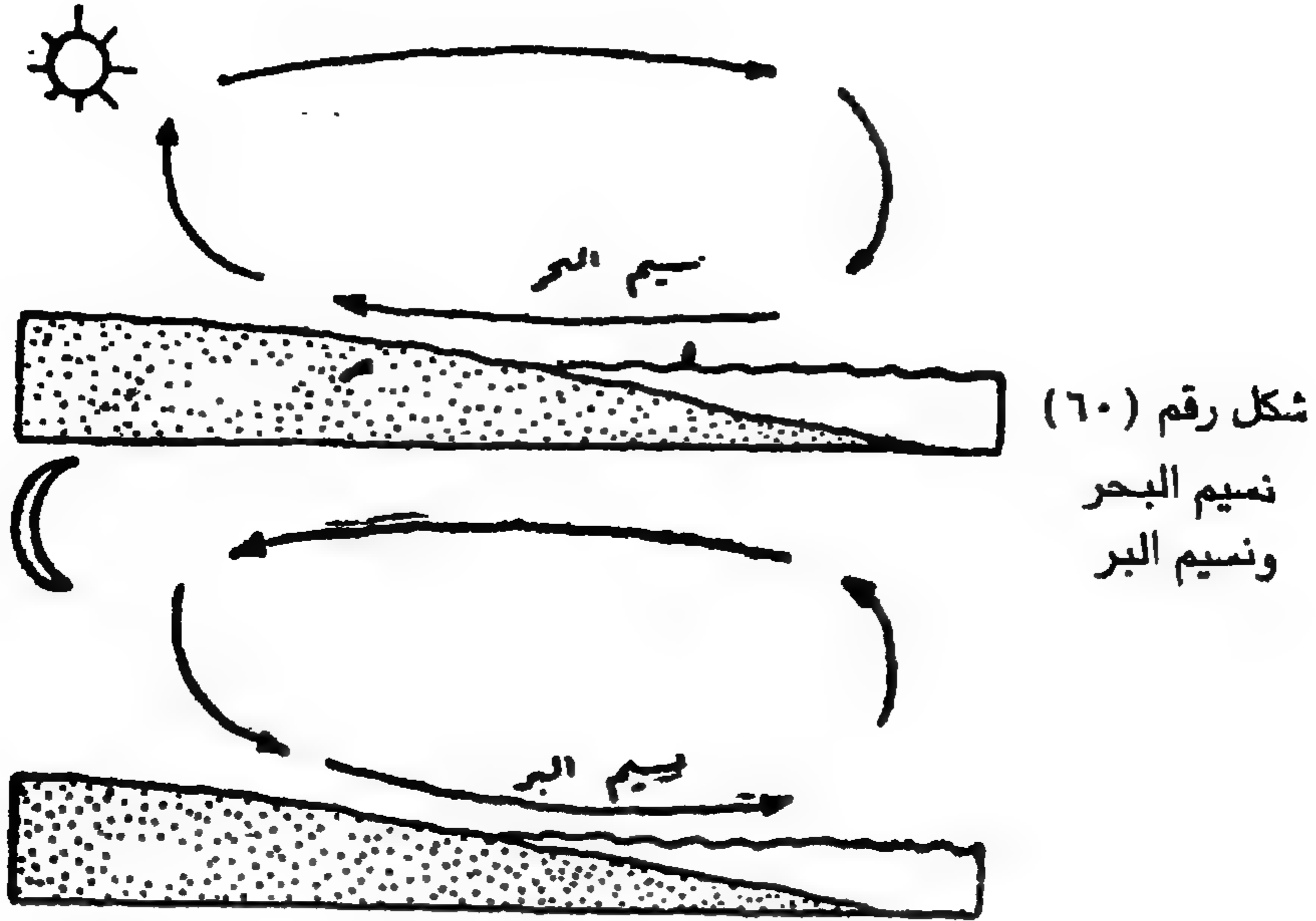
وهى تشبه المسترال . فهى رياح شمالية شديدة البرودة والجفاف تهب فى فصل الشتاء من جبال الالب الى شمال البحر الأدرياتي ، وهى تنشأ بسبب مرور منخفضات جوية (أعاصير) فى البحر الأدرياتي تجذبها اليها . وكلمة بورا Bora تعنى ربح الشمال .

### الرياح اليومية :

تحدث هذه الرياح بانتظام فى كل يوم ، ومن أمثلتها نسيم البر والبحر ، ونسيم الوادى والجبل ، فالمناطق الساحلية والأقاليم الجبلية تشهد تغيرا يوميا فى اتجاه الرياح يحدث بصفة دورية أو شبه دورية ، ولهذا فإنها تختلف عن الرياح التى سبق ذكرها والتى تصاحب المنخفضات الجوية .

### نسيم البر ونسيم البحر :

يسببه تجاوز اليابس والماء فى المناطق المدارية ، وفى العروض المتوسطة ففى أثناء النهار يسخن هذا اليابس ، فينخفض ضغطه ، بينما يظل هواء البحر أقل حرارة ، ومن ثم يصبح ضغطه مرتفعا ، فيهب من البحر الى البر



نسيم لطيف يسمى نسيم البحر • ويمتد تأثيره في داخل اليابس لمسافة لا تزيد على ٥٠ كيلو مترا من ساحل البحر •

أما نسيم البر فيحدث ليلا ، حين يبرد هواء اليابس فيصبح ذا ضغط مرتفع ، بينما يحتفظ هواء الماء بحرارته فيصبح ذا ضغط منخفض ، فيهب من اليابس الى البحر نسيم يسمى نسيم البر شكل رقم (٦٠) •

#### نسيم الوادى ونسيم الجبل :

أما نسيم الوادى والجبل فيرجع سببه الى عامل التضاريس والجاذبية الأرضية شكل رقم (٦١) • ويكثر حدوثه في الجهات الجبلية كسويسرا • ويحدث نسيم الوادى نهارا • فعندما تسطح الشمس فانها تدفئ هواء الوادى ، فيتمدد ويزحف على منحدر الجبل صاعدا نحو قمته ، وهو دافئ يذيب بعض الجليد ان وجد ، ويمكن تسميته أيضا بالهواء السفحي الصاعد • Anabatic Wind

أما نسيم الجبل فيحدث ليلا : فعندما تغيب الشمس يبرد هواء الجبل وينكمش ، ويهبط من أعلى الجبل بسبب ثقله ، زاحقا نحو الوادى ، فيسبب برودته ، كما يسبب تكوين الضباب • ويمكن تسميته أيضا بالهواء السفحي الهابط • Katabatic Wind

ويلطف نسيم الوادى ونسيم الجبل من درجات الحرارة ، ويعوقان

نكون لصفيع على سفوح الودس . ويعرقلان نمو طبقة الهواء البارد أثناء الليل .



شكل رقم (٦١) نسيم الوادي ونسيم الجبل



## الفصل السابع

### مناطق الاضطراب والحركة

#### في الغلاف الجوى

- الكتل الهوائية :  
التعريف بها ، نشأتها ، أنواعها ، خصائصها ، استقرارها واضطرابها ،  
اثرها في طقس ومناخ مختلف الأقاليم ، الكتل الهوائية التى تؤثر في مناخ  
مصر .

- المرتفع الجوى (ضد الاعصار) :  
تعريفه ، نشأته ، انحدار الضغط في منطقة ضد الاعصار .

- الجبهات الهوائية :  
تعريفها ، خصائصها ، مناطق تكونها .

- المنخفضات الجوية :  
تعريفها ، كيفية نشأتها ، الكتل الهوائية وتكوين المنخفضات الجوية ،  
الظواهر الجوية التى تصاحبها ، توزيعها واختلاف خصائصها ومسالكها .

- أعاصير الأقاليم المدارية :  
موازنة بينها وبين أعاصير الجهات المعتدلة ، نشأتها ، توزيعها ،  
مسالكها ، حركتها ، وآثارها .

أعاصير الترنادو :  
نشأتها ، خصائصها ، آثارها .

- عواصف الرعد والبرق :  
تفسير ظاهرة البرق والرعد .



## مناطق الاضطراب والحركة في الغلاف الجوى

تتمثل مناطق الاضطراب والحركة في الغلاف الجوى فيما يلى :

- ١ - الكتل الهوائية • Air Masses
- ٢ - الجبهات والانخفاضات الجوية Front & Depressions or Cyclones
- ٣ - الاعاصير المدارية • Tropical Cyclones
- ٤ - العواصف الرعدية • Thunderstorms
- ٥ - الارتفاعات الجوية أو أضداد الاعاصير • Anticyclones

ولا شك أن وجود هذه المناطق يمثل اخلال بالتوازن الديناميكي في الجو ، فالتباين في الضغط يؤدي الى انتقال الهواء من مكان الى آخر ، والى احداث الاضطراب والتغير في احوال الجو . ولا تدوم هذه المناطق طويلا ، فلا يلبث الغلاف الجوى أن يتمكن من القضاء عليها ويعود الى حالة التوازن . لكن مناطق اضطراب جديدة لا تلبث أن تتولد وتتكون . ولهذا فان الطقس والمناخ ما هما الا نتيجة لتوالى تكون مناطق الاضطراب والحركة في الغلاف الجوى .

وفيما يلى دراسة لكل منها على حدة :

### الكتل الهوائية :

الكتلة الهوائية هى جرم ضخم من هواء تغطى سطح منطقة واسعة من مسطح مائى أو يابس ، ويتميز هواؤها بالتجانس فى خصائصه المناخية ، وذلك فى مستويات أو قطاعات الكتلة الأفقية ، خاصة فى درجة الحرارة ومعدل تناقصها بالارتفاع والرطوبة وكمية السحب ونوعها ومدى الرؤية . ويكون التجانس أكثر وضوحا فى الطبقات العليا من الكتلة الهوائية لأنها تستمد خصائصها من طبيعة السطح الذى تتكون عليه ، ولذلك فان طبقاتها السفلى تتأثر بالاختلافات المحلية على السطح .

ولكى تنشأ الكتلة الهوائية وتصبح متجانسة لابد أن يستقر الهواء فوق مساحة واسعة من سطح متجانس مدة طويلة تكفى لأن يكتسب الخصائص والمميزات المناخية لذلك السطح ، وينفى أن تخلو تلك المدة من حدوث أية

تقلبات جوية . ولهذا فان المناطق الجبلية والأراضي المزرعية الوعرة والأحواض الصغيرة والأقاليم الساحلية لا تصلح لتكوين الكتل الهوائية . بينما يناسب تكوينها المناطق القطبية الواسعة ، حيث يظل الهواء ساكنا مستقرا عدة أسابيع . كما تنشأ الكتل الهوائية فوق المسطحات المائية الواسعة ، والسهول المنبسطة النسيحة مثل سهول سيبيريا وكندا في الشتاء ، ومناطق الضغط المرتفع المدارية أو مناطق تفرق الرياح السطحية التي تتميز بهواء هابط ورياح معتدلة القوة . أما مناطق التقاء الرياح فلا تصلح لتكوين كتل هوائية متجانسة ، وذلك لانه تتجمع فيها أهوية ذات خصائص متباينة ، ويصاحبها تيارات هوائية صاعدة .

**وبناء على ما سبق يمكننا تمييز ثلاثة أنماط من الأقاليم تبعا لتأثرها بالكتل الهوائية هي :**

١ - نمط من الأقاليم يتأثر بنوع واحد من الكتل الهوائية هي الكتل الهوائية القطبية القارية ، وتتمثل في سيبيريا والقسم الشمالي من أمريكا الشمالية ، والأقليمان أهم موطنين لنشأة هذا النمط من الكتل الهوائية الباردة الجافة .

٢ - نمط من الأقاليم يتأثر بنوعين من الكتل الهوائية يسود أحدهما صيفا ، ويشيع الثاني شتاء . وخير مثال لهذا النمط جنوب شرقى آسيا وجنوبيها ، ففي الصيف تسودها كتل هوائية بحرية حارة ، وفي الشتاء يتعرضان لكتل هوائية قارية باردة .

٣ - نمط من الأقاليم يمثله إقليم غرب أوروبا يتعرض لأنواع متعددة من الكتل الهوائية المتباينة الخصائص طوال العام ، مما يجعل أحوال الطقس فيه مضطربة شديدة التغير .

### **تغير خصائص الكتل الهوائية :**

تبقى خصائص الكتل الهوائية دون تغيير مادامت مستقرة في مواطن نشأتها ، وهذا لا يدوم طويلا ، إذ سرعان ما يحدث تغير في توزيع الضغط الجوي في الأقاليم المحيطة ، فتبدأ في التحرك من مواضعها وتنتقل كلها أو أجزاء منها إلى مسافات كبيرة تصل إلى آلاف الكيلومترات في كثير من الأحيان ، وهي تنقل معها عبر تلك المناطق ، التي تمر عليها جميع خصائصها المناخية ، فتتأثر بها . مثال ذلك غرب أوروبا الذي تنخفض به درجة الحرارة أحيانا إلى ما دون درجة التجمد عندما يتعرض لكتل هوائية



قطبية باردة ترد اليه من سيبيريا ، وترتفع درجة حرارته عندما تصل اليه من الجنوب كتل هوائية مدارية دافئة .

وحيث تنتقل الكتل الهوائية من مصادرها الأصلية فإنها تتأثر بالخصائص المناخية للمناطق التي تمر عليها خصوصا في طبقاتها السفلى ، ويزداد هذا التأثير كلما كان الاختلاف كبيرا بين خصائص كل منهما . ويتوقف مدى التأثير بصفة عامة على عدة عوامل منها حجم الكتلة الهوائية فإذا كان ضخما ، كان التغير بطيئا . وتفقد الكتل الهوائية الواقعة ضمن مناطق تجمع الرياح مميزاتها الرئيسية بسرعة .

وتنشأ التغيرات بفعل تبادل الحرارة والرطوبة بين الكتل الهوائية والمناطق التي تمر بها ، فحينما تمر على سطح أدفأ منها فإن أجزاءها السفلى تكتسب بعضا من حرارته وتصبح غير مستقرة ، وإذا مرت على سطح أبرد منها فقدت قسما من حرارتها . وإذا مرت كتلة جافة على سطح مائي دافئ فإن رطوبتها تزداد . ومن هذا نرى أن التغيرات الحرارية الحركية (الثيرموديناميكية) التي تحدث في الكتل الهوائية تنشأ نتيجة لمروها على مناطق باردة أو حارة ، وعن التبخر من المسطحات المائية الواسعة وعن التكاثف والتساقط من الكتلة نفسها .

ويحدث التغير في الكتل الهوائية ديناميكيا (حركيا) نتيجة للتغير في الضغط الجوي وحركة الرياح . ويزداد التغير ويعظم حينما تكون الكتلة واقعة ضمن مناطق تجمع للرياح ، ذلك أن ارتفاع الهواء إلى أعلى يؤدي إلى تغير في درجات حرارته . أما إذا كانت الكتلة واقعة ضمن مناطق تفرق رياح ، فإن ذلك يساعد على استقرارها .

### أنواع الكتل الهوائية :

تقسم الكتل الهوائية إلى أنواع حسب المناطق (دوائر العرض) التي تنشأ بها ، وتبعا لطبيعة السطح الذي تتكون فوقه ، يابس أو مائي ، ويرمز لكل منها برمزين ، يدل أحدهما على منطقة النشأة ، ويدل الثاني على طبيعة السطح . وفيما يلي أهم هذه الأنواع برموزها :

أولا : كتل هوائية قطبية Polar ، ويرمز لها بالحرف الأول من الكلمة (P) وهي الكتل التي تنشأ في المناطق القطبية وفي العروض العليا المجاورة للقطبين في الفصل الطويل البارد من السنة .

وهي نوعان :

١ - كتل هوائية قطبية قارية Continental ورمزها (cP) ، وهي تنشأ

كما يدل الاسم فوق يابس القارات . ولهذا فانها تكون شديدة البرودة . ويرمز لهذه الصفة بالحرف (K) وهو اول حروف الكلمة الألمانية Kolt ومعناها بارد . ومن ثم يصبح رمز الكتل الهوائية القطبية القارية الباردة هو (cPK) . وهى كتل جافة بطبيعة الحال . وأهم مناطق نشأتها سهول سيبيريا وجزيرة جرينلندا وسهول كندا ، والمناطق المتجمدة حول القطبين .

٢ - كتل هوائية قطبية بحرية Maritime ورمزها (mP) وهى تنشأ فوق المسطحات المحيطية فى العروض العليا أو قد تنشأ على اليابس القطبى وما جاوره ثم تنتقل الى المحيطات المجاورة . وأكثرها تأثيرا ما يتكون فوق شمال كل من المحيطين الأطلسى الشمالى والهادى الشمالى . فالكتل الهوائية القطبية فوق شمال الأطلسى تتكون فوق جرينلندا وسهول كندا ثم تتحرك الى شمال الأطلسى . وهواء هذه الكتل بارد (K) ، ومن ثم يرمز لها بجميع خصائصها بالرمز (mPK) وهى كتل رطبة تسبب سقوط الأمطار .

ثانيا : كتل هوائية مدارية Tropical ويرمز لها بالحرف الأول من الكلمة (T) وتتكون فى مناطق الضغط المرتفع المدارية والمعروفة بعروض الخيل ، وهى عموما حارة الى دافئة .

وهى نوعان :

١ - كتل هوائية مدارية قارية (cT) وتتكون فى فصل الشتاء فوق صحارى شمال أفريقيا وشبه جزيرة العرب ، وهى باردة نسبيا (cTK) أما فى الصيف فتكون حارة (cTW) ومترية . وهى جافة فى جميع الاحوال .

٢ - كتل هوائية مدارية بحرية (mT) وتتكون فوق المحيطات فى مناطق الضغط المرتفع المدارى ، وهى دافئة بصفة عامة (mTW) ورطوبتها مرتفعة .

استقرار واضطراب الكتل الهوائية :

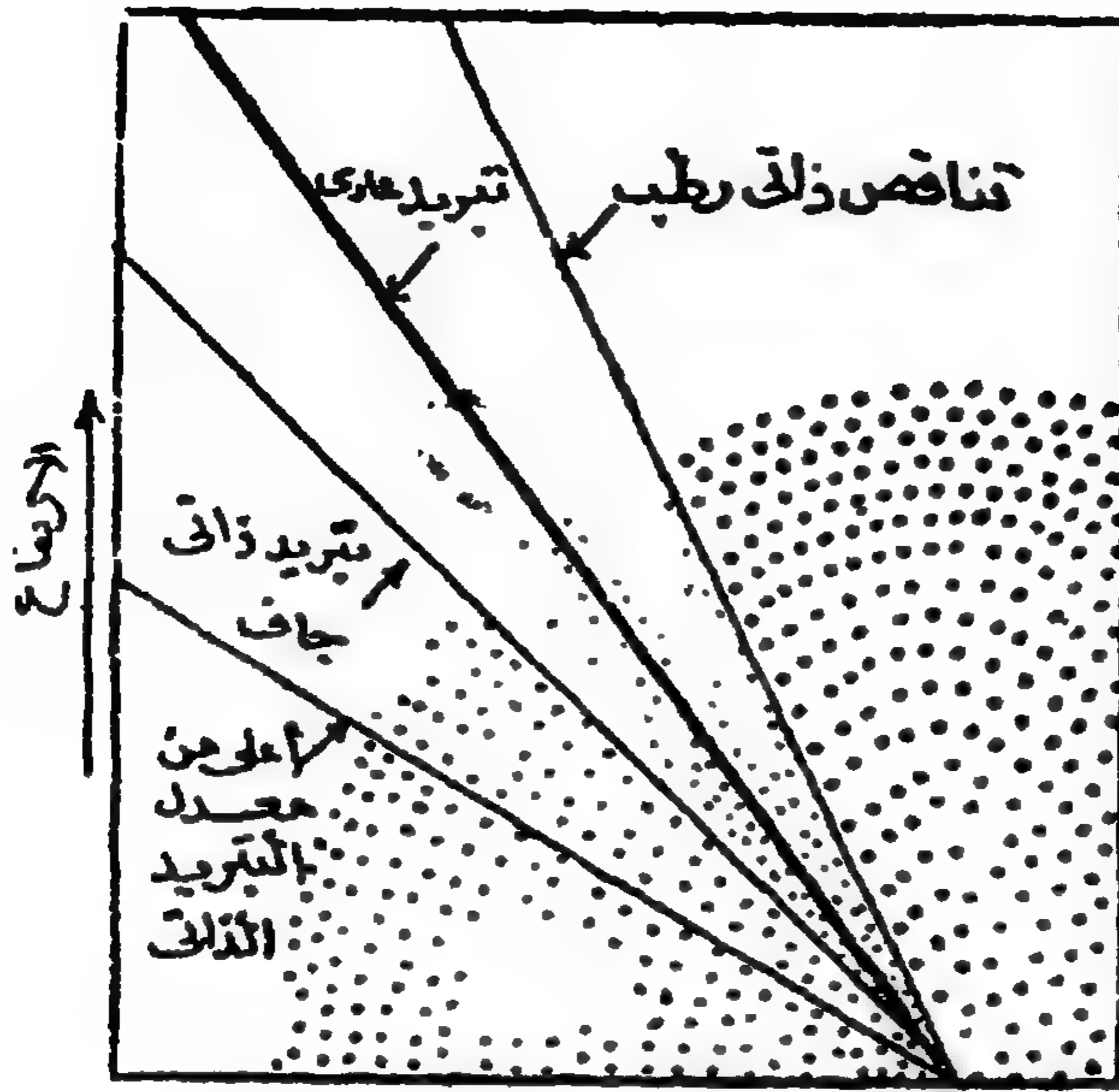
اشرنا فى الصفحات السابقة الى تحرك وانتقال الكتل الهوائية من مواطن نشأتها الى مناطق أخرى تبعا للتغير فى توزيع الضغط الجوى . ورأينا ان خصائصها تتغير خصوصا فى طبقاتها السفلى اذا ما تحركت الى اقاليم تختلف عنها فى مميزاتها المناخية اختلافا كبيرا .

ويمكن تمييز صنفين من الكتل الهوائية من حيث الاستقرار أو عدمه هما:

١ - كتل هوائية مستقرة Stable :

وهى الكتل الهوائية الدافئة التى تستقر أو تتحرك فوق سطح تكون

حرارته أقل من حرارتها . وبالتالي تبرد طبقاتها السفلى ، وتظل ثابتة مستقرة فوق السطح ، فلا يحدث أى اضطراب فى هوائها . وتوصف حينئذ بالاستقرار Stability ويرمز لها بالحرف (s) ، ويصاحبها تكون الضباب والسحب الطباقية ، وقد تسقط الأمطار الخفيفة اذا ما توفرت الرطوبة فى هوائها . ومن أمثلتها الكتل الهوائية المدارية التى تتحرك فى اتجاه القطبين .



شكل رقم (٦٢)  
العلاقة بين معدل  
تناقص الحرارة  
بالارتفاع وعدم  
استقرار الهواء

درجة الحرارة مستقرة  
غير مستقرة  
عدم استقرار مشروط

## ٢ - كتل هوائية غير مستقرة :

وهى الكتل التى تتحرك أو تثبت فوق سطح أدفا منها . وتبعاً لذلك تنشأ بها تيارات هوائية صاعدة تؤدي الى احداث اضطرابات تتباين فى شدتها حسب مدى الفروق الحرارية بين حرارة سطح الأرض وهواء الكتلة التى تستقر أو تتحرك فوقه . وتوصف الكتلة عندئذ بأنها غير مستقرة Unstable ويرمز لها بالحرف (U) ويصاحبها طقس مضطرب ، فيه تكون سحب ركامية ، وتنشأ عواصف ممطرة اذا ما كان هواء الكتلة محملاً ببخار الماء . ومن أمثلتها الكتل الهوائية المدارية البحرية التى تنتقل الى اليابس صيفاً ، والكتل القطبية القارية عندما تتحرك وتنتقل الى المحيطات شتاءً .



هذا وينبغي أن نشير الى أن مجموع الحروف يعطى المميزات العامة والخصائص الأساسية للكتلة الهوائية . مثال ذلك اذا رمزنا لكتلة هوائية بالحروف (cPsK) فمعنى ذلك أنها ذات أصل قارى (c) وآتية من الجهات القطبية أو العروض العليا (p) وأنها تتصف بالثبات (S) وأنها باردة (K) أى أن درجة حرارتها منخفضة عن حرارة السطح الذى تمر عليه ، فضلا عن أنها جافة .

وحيثما نرسم لكتلة هوائية أخرى بالأحرف mTuW فيعنى هذا أنها بحرية (m) وذات أصل مدارى (T) أى من العروض المدارية ، وغير ثابتة (U) وحارة أو دافئة (W) وممطرة .

### اثر الكتل الهوائية فى طقس ومناخ مختلف الأقاليم :

تتوقف أحوال الطقس وظروف المناخ فى مختلف جهات العالم على نوع الكتل الهوائية التى تتعرض لها وتؤثر فيها . ويمكننا أن نصف تلك المناطق حسب نوع الكتل من جهة ، وموسمية التأثير بها من جهة أخرى ، على النحو التالى :

#### ١ - مناطق تتأثر بنوع واحد من الكتل الهوائية طوال العام .

وتلك هى المناطق التى تنشأ بها الكتل الهوائية نفسها ، كما هى جال المناطق القطبية حيث تنشأ الكتل الهوائية القطبية ، والمناطق الواقعة تحت تأثير الضغط المرتفع المدارى الجائم ، حيث تتولد الكتل الهوائية المدارية ، والمناطق المحصورة بين المدارين التى تتعرض طوال السنة لتأثير الكتل الهوائية المدارية .

#### ٢ - مناطق تتأثر فى فصل من السنة بنوع من الكتل الهوائية يختلف عنه فى الفصل الآخر :

وفى هذه المناطق تتبدل الأحوال المناخية من فصل لآخر ، ولكنها تتميز بنظام ثابت خلال كل فصل على حدة . مثال ذلك الصين التى تتأثر بكتل هوائية قطبية قارية باردة (cPK) فى الشتاء تأتيا من سيبيريا . وفى فصل الصيف تصلها كتل هوائية بحرية مدارية دافئة (mTW) تتكون فوق المحيط الهادى . وتشبه الولايات المتحدة الصين فى ذلك . فهى تتعرض لتأثير كتل هوائية قطبية قارية باردة شتاء ، وتخضع لتأثير كتل هوائية مدارية بحرية دافئة تتكون فوق المحيطين الهادى والاطلسى صيفا .

#### ٣ - مناطق تتأثر فى الفصل الواحد بكتل هوائية مختلفة :

تتعرض هذه المناطق لغزو أنواع مختلفة من كتل الهواء ، ولا يستمر



ناثير كل نوع منها سوى مدة قصيرة ، ويضمحل ليحل محله تاثير كتلة هوائية اخرى . وتبعاً لذلك يتغير مناخ هذه المناطق من وقت لآخر . ويحسب اقليم غرب اوروبا افضل مثال لمناخ هذا النوع من المناطق . ففي فصل الشتاء تغروه احيانا كتل هوائية مدارية قارية دفيئة (cT) من شمال افريقيا ، او مدارية بحرية دفيئة (mT) من المحيط الاطلسي وتجلب هذه الكتل منها موجات غير عادية من الدفء الى غرب اوروبا والجزر البريطانية . كما قد يتعرض غرب اوروبا في فصل الشتاء ايضا لهبوب كتل هوائية قطبية باردة جافة (cPK) تأتيه من شمال سيبيريا وشمال اوروبا ، فيتكون الصقيع لعدة ايام او اسابيع ، او لوصول هواء قطبي بحري رطب بارد (mP) .

وفي فصل الصيف يتعرض غرب اوروبا لكتل هوائية حارة تتكون فوق كتلة يابس اوراسيا الشديدة الحرارة ، وتكون عظيمة الجفاف ايضا . ويؤدي وصولها الى غرب اوروبا الى شيوخ جو حار يكون مصدر مضايقة للسكان . كما يتعرض الاقليم لغزوات كتل هوائية قطبية بحرية تلتف من ارتفاع الحرارة .

### الكتل الهوائية التي تؤثر في مناخ مصر :

يتاثر مناخ مصر خصوصا القسم الشمالي منها حتى حوالى مصر الوسطى بكتل هوائية متباينة المصدر والخصائص ، نجل وصفها فيما يلى :

#### في فصلى الخريف والشتاء :

١ - كتل هوائية قطبية قارية شديدة البرودة ، مصدرها الاصلى القسم الشمالى من روسيا . وقد تكون من القدرة بحيث تصل الى شمال السودان ، وتتسبب في اثاره عواصف ترابية هناك .

٢ - كتل هوائية قطبية بحرية مصدرها اما شمال الاطلسي او شمال اوروبا الى وسطها وجنوبها ثم عبر البحر المتوسط حيث تدفأ وتتحمل ببخار الماء ، فتكون سببا في تكوين العواصف الماطرة فوق شمال مصر .

#### في فصل الربيع واولى الصيف :

١ - كتل هوائية حارة شديدة الجفاف (الخماسين) مصدرها الاصلى الكتل الهوائية المدارية التي تتكون فوق الصحراء الكبرى الافريقية وصحراء شبه جزيرة العرب .

٢ - كتل هوائية مدارية بحرية مصدرها المحيط الاطلسي ، وتصل الى

مصر في أعقاب مرور المنخفضات الجوية الحمسية ، وتكون باردة نسبيا ومصحوبة ببعض السحب المنخفضة ، وقد تتسبب في إسقاط بعض المطر أحيانا .

### المرتفع الجوي والمنخفض الجوي والجبهة الهوائية :

#### المرتفع الجوي :

الى جانب نطاقات الضغط المرتفع الدائمة والموسمية أو الفصلية ، يحدث في كثير من الأحيان أن يرتفع الضغط الجوي فوق منطقة معلومة ارتفاعا فجائيا أو سريعا ، ويدوم بضعة أيام أو أسابيع . ويطلق على ارتفاع الضغط الجوي الذي نشأ بهذا الشكل اسم ضد اعصار Anti-Cyclone

#### أحوال الطقس المصاحبة لضد الاعصار :

وأحوال الطقس التي تصاحب الارتفاع الجوي غالبا معتدلة ، وتكون السماء صحو ، الا من بعض السحب المنخفضة القليلة الكثافة ، التي سرعان ما تتبدد ، فلا تسقط مطرا الا فيما ندر . ويكون انحدار الضغط في مناطق أضداد الاعاصير بطيئا في الغالب ، لهذا تكون سرعة الرياح التي تخرج منها وتدور حولها بطيئة هي الأخرى . ولما كانت الرياح تخرج منها ، فإن هذا يؤدي الى تكوين تيارات هوائية هابطة من أعلى الى منطقة ضد الاعصار لتحل محل الهواء الذي خرج منها . ويساعد انضغاط الهواء الهابط أثناء حركته نحو سطح منطقة ضد الاعصار على رفع حرارته ، وبالتالي تنخفض نسبة رطوبته مما يجعل هواء مناطق أضداد الاعاصير جافا في العادة .

هذا وينبغي أن نشير الى أن كثيرا من المؤلفين يرون توسيع معنى مصطلح «ضد اعصار» ليشمل على أن منطقة أو نطاق يتمركز فيه ضغط مرتفع حتى ولو كان هذا الضغط دائما مستمرا طول السنة أو خلال فصل من الفصول .

#### أسباب نشأة ضد الاعصار :

وتبعاً لهذا وذاك يمكن تحديد أسباب نشأة أضداد الاعاصير فيما يلي :

١ - هبوط الهواء من أعلى الى أسفل ، وذلك بسبب تحرك الهواء السفلى الى الجهات المحيطة بضد الاعصار

٢ - انخفاض حرارة الهواء في منطقة معومة انخفاضاً شديداً، فترتفع

كثافته وضغطه بسبب انكماشه . مثال ذلك أصداد الأعاصير التى تنشأ فوق اليابس شتاء ، وفوق المسطحات المحيطية (بالنسبة لليابس المجاور) صيفا .

٣ - أصداد الأعاصير التى تنشأ فيما بين المنخفضات الجوية المتتالية .

٤ - انخفاض حرارة الهواء بسبب ملامسته للغطاءات الجليدية . وهنا قد تكون أصداد الأعاصير دائمة مستمرة طوال السنة أو تكون فصلية .

هذا ويظهر فى النصف الشمالى من الكرة الأرضية ثلاثة مراكز رئيسية لأصداد الأعاصير أو المرتفعات الجوية هى :

١ - جزر الأزور فى شمال غرب أفريقيا .

٢ - أراضى القسم الأوسط من سيبيريا .

٣ - القسم الشرقى من المحيط الهادى .

وتتحكم هذه المراكز الثلاثة فى الحركة اليومية لأصداد الأعاصير فى نصف الكرة الشمالى . ويبلغ متوسط عمر ضد الأعصار ستة أيام فى مقابل خمسة أيام للأعصار ، لكنها أقل حدوثا من الأعاصير ، فتبلغ نسبتها الى الأعاصير ٢ الى ٣ .

#### انحدار الضغط فى منطقة ضد الأعصار :

يرتفع الضغط الجوى فى مراكز المرتفعات الجوية فيبلغ نحو ١٠٣٥ ملليبارا ، وقد يرتفع عن ذلك فيصل الى ١٠٤٠ ملليبارا . وهو ينخفض تدريجيا من المركز نحو الخارج . ولا يشترط أن يكون هذا التدرج منتظما ، فلقد نرى خطوط الضغط المتساوى ممتدة على خرائط الطقس فى شكل أقواس غير منتظمة . وتدور الرياح حول مركز الارتفاع الجوى بحيث يكون الضغط المرتفع على يمينها فى نصف الكرة الشمالى ، وعلى يسارها فى نصف الكرة الجنوبى . ولذلك فإن دوران الرياح يكون مع اتجاه دوران عقارب الساعة فى نصف الكرة الشمالى ، وضد دوران عقارب الساعة فى نصفها الجنوبى . وانحدار الضغط فى مناطق أصداد الأعاصير يكون بطيئا فى العادة ، ولهذا فإن سرعة الرياح التى تدور حولها بطيئة هى الأخرى .

ولا تتميز خطوط سير أصداد الأعاصير بالثبات ، فهى كالأعاصير مضطربة المسالك ، لكنها تتجه بصفة عامة من الغرب الى الشرق . ويرتبط اتجاه أصداد الأعاصير وسرعتها بالأعاصير اذا ما كانت واقعة بينها .

#### الجبهة الهوائية :

حينما تلتقى كتلتان هوائيتان احدهما باردة والأخرى دافئة ، فانهما

لا تختلطان ببعضهما ، وانما تحتفظ كل منهما بخصائصها ، وينشا بينهما سطح قد اصطلح على تسميته بالجبهة الهوائية **Air Front** . فالجبهة عبارة عن سطح يفصل بين نوعين مختلفين من الكتل الهوائية ، ويتميز بالتدرج السريع في درجة الحرارة وكثافة الهواء ورطوبته النسبية . ويمتد هذا السطح الجوى من سطح الأرض الى أعلى ليفصل بين الكتلتين الهوائيتين ونتيجة لحركة دوران الأرض حول نفسها فان سطح الجبهة الهوائية يكون مائلا ، وتزداد درجة ميله بالابتعاد عن خط الاستواء . ويتراوح معدل اتساع الجبهة على سطح الأرض بين ١٠٠ - ٢٠٠ كم .

وقد تبين أن هنالك علاقة وثيقة بين نشأة الجبهات الهوائية وموقع التيار النفاث . اذ وجد أن أكثر الجبهات الهوائية شدة تقع ممتدة أسفل امتداد التيار النفاث ، خصوصا في النطاقات التي يشتد فيها ساعد التيار وتتضاعف حركاته الاعصارية .

### مناطق تكون الجبهات :

يكثر تكون الجبهات الهوائية في المناطق المعتدلة حيث يكثر التقاء كتل هوائية ذات خصائص متباينة . فهنا تلتقى الكتل الهوائية القطبية بالكتل الهوائية المدارية مكونة ما يعرف بالجبهة القطبية **Polar Front** وهذه الجبهة هي موطن تكون المنخفضات الجوية أو الأعاصير التي تؤثر في طقس ومناخ المناطق المعتدلة .

وأهم أجزاء الجبهة القطبية تتمثل فيما يسمى جبهة المحيط الأطلسى الشمالى ، وجبهة المحيط الهادى الشمالى وعلى امتدادها يعظم الفرق بين خصائص الكتل الهوائية المتقابلة : الكتل الهوائية القطبية والكتل الهوائية المدارية . وينبغى أن نشير الى أن مواقع الجبهات القطبية تتزحزح شمالا وجنوبا تبعا لحركة الشمس الظاهرية التي تنتقل معها مناطق الضغط الجوى ومجالات هبوب الرياح . فالجبهة القطبية تمتد في فصل الشتاء حتى سواحل البحر المتوسط ، بينما تتراجع في الصيف نحو الشمال .

وبالإضافة الى الجبهتين القطبيتين الرئيسيتين في شمال المحيطين الهادى والأطلسى ، هناك نطاقان مهمان للجبهات هما :

١ - الجبهة القطبية الشمالية **Arctic Front** وتتكون قرب الدائرة القطبية الشمالية نتيجة للتباين الحرارى بين المسطحات المائية الشمالية واليابس المجاور لها . ومن أهم أجزائها ما يسمى الجبهة الكندية **Canadian**



**Front** ، والجبهة الأطلسية في شمال أوروبا ، والتي تنشأ فيها الأعاصير أو المنخفضات الجوية التي تغزو شمالى أوروبا .

٢ - جبهة البحر المتوسط الهوائية ، وهى التى تفصل بين الكتل الهوائية الباردة فى شمالى أوروبا ، والكتل الدافئة فوق البحر المتوسط والأجزاء الشمالية من أفريقيا . وعلى امتدادها تتواجد معظم المنخفضات الجوية التى تؤدى الى اضطراب الجو وسقوط الأمطار على بلدان حوض البحر المتوسط شتاء .

### المنخفض الجوى :

بالإضافة الى مناطق الضغط المنخفض العامة، سواء منها الدائم المستمر طوال السنة ، أو الذى يبقى خلال فصل واحد، هناك مناطق أخرى ينخفض فوقها الضغط الجوى انخفاضاً فجائياً أو سريعاً يترتب عليه اضطراب جوى يتسبب فى اختلاف النظام العام للرياح فى تلك المناطق . ويعبر عن انخفاض الضغط الجوى بهذا الشكل باسم «الأعصار Cyclone» أو المنخفض الجوى . **Depression**

ورغم هذا التحديد الضيق للأعصار ، فإن كثيراً من المؤلفين يطلقون عبارة منطقة اعصارية **Cyclonic Area** على أى منطقة يرابض فوقها ضغط منخفض سواء كان دائماً أو موسمياً ، وسواء كان سبب النشأة ارتفاع حرارة الهواء بسبب ملامسته لسطح الأرض الساخن وتمدده وحدوث تيارات هوائية صاعدة ، أم كان السبب تقابل كتل هوائية ذات خصائص مناخية متباينة .

### كيفية نشأة المنخفض الجوى :

السبب الرئيسى فى نشأة الأعصار أو المنخفض الجوى هو تقابل كتل هوائية غير متجانسة . وكما قدمنا ، لا تبقى الكتل الهوائية فى مناطق نشأتها إلا لفترة وجيزة ، ثم تتحرك بعد ذلك لمسافات طويلة ، وتلتقى غالباً فوق أسطح المحيطات على طول جبهات تمتد تقريباً فوق نطاقات الضغط المنخفض التى تجذب إليها تلك الكتل الهوائية .

### أشكال التقاء الكتل الهوائية وتكوين المنخفضات الجوية :

الشكل الاول يحدث على نطاق واسع كما هى الحال فى نطاق التقاء الرياح الغربية الدافئة بالرياح القطبية الباردة حوالى الدائرتين القطبيتين الشمالية والجنوبية . فالهواء القطبى البارد يحاول التحرك أسفل الهواء الدافئ، نظراً لارتفاع كثافة الاول ، وقلة كثافة الثانى وميله الى الانتشار .

ويواصل الهواء البارد تداخله في شكل أمواج أسفل الهواء الدافئ الذي ما يلبث أن ينتشر ويصعد الى أعلى باستمرار ، وتبعاً لذلك ينخفض الضغط في نطاق تلاقيهما .

الشكل الثاني يحدث على نطاق ضيق عندما يتكون المنخفض الجوى أو الأعصار في العروض المعتدلة أو المدارية . وهذا الشكل هو موضوع هذه الدراسة .

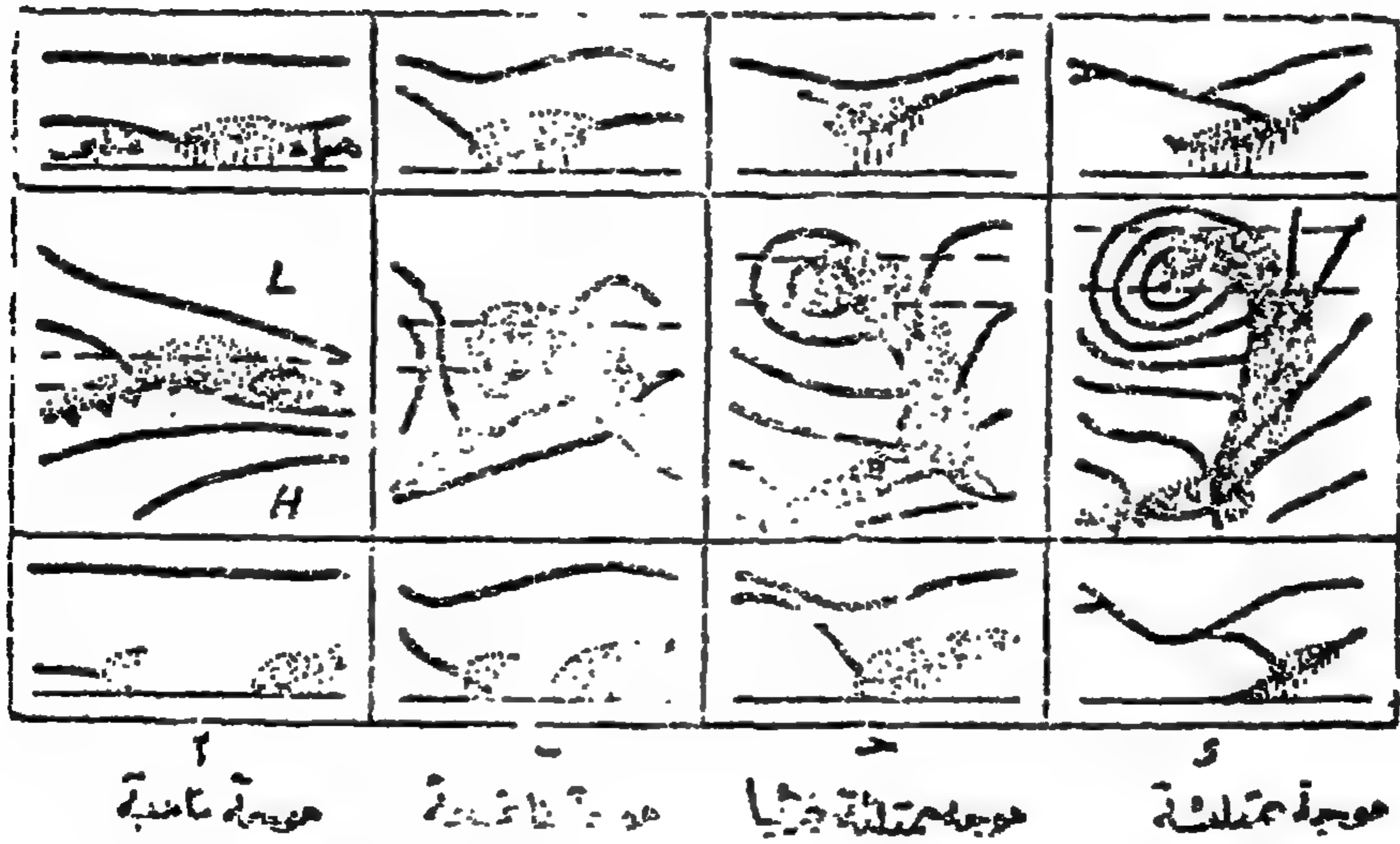
وتنشأ المنخفضات الجوية أساساً نتيجة لالتقاء كتل هوائية ذات خصائص مناخية متباينة . فحينما يلتقى الهواء البارد هواء دافئاً ، فإنه يندفع أسفله ، ويصعد الهواء الدافئ الى أعلى ، لأنه أقل كثافة وبالتالي أخف من الهواء البارد ، ويسمى السطح الفاصل بين الكتلتين باسم سطح الجبهة **Frontal Surface** أو سطح الانفصال الجبهوى **Surface of Separation** . وحين يصعد الهواء الدافئ الى أعلى يبرد ، فيتكاثف ما به من بخار ماء مكوناً لسحاب ما يلبث أن ينهمر مطراً .

ونظراً لأن الأرض غير ثابتة ، وإنما تدور حول نفسها باستمرار ، فإن سطح الانفصال لا يكون أفقياً بل مائلاً على المستوى بدرجة تتزايد كلما بعدنا عن دائرة الاستواء . ويمكن القول بصفة عامة أن سطح الانفصال يرتفع بمعدل وحدة واحدة لكل مسافة مقدارها ١٠٠ وحدة أفقية . ولهذا فإن الهواء الدافئ لا يطفو فوق الهواء البارد أفقياً ، وإنما يصعد الهواء الدافئ فوق الهواء البارد بشكل مائل . ومن الواضح أن هواء الكتل الباردة يظل لصيقاً بـ سطح الأرض بسبب ثقله ، أما هواء الكتل الحارة فإنه يجرى فوق سطح الانفصال الجبهوى في شكل موجات متتالية ، كل موجة منها تمثل نواة لتكوين وتشكيل انخفاض جوى .

وحينما تتوالى الموجات الدافئة وتلتقى فوق سطح الانفصال مكونة لانخفاض جوى فإنه يجذب الهواء البارد الذى يندفع اليه محاولاً الوصول الى مركزه في حركة اتجاهها ضد اتجاه حركة عقارب الساعة ، ولهذا فإنها تندفع نحو مؤخرة الموجات الدافئة ، أى نحو مؤخرة الانخفاض ، وتسمى مقدمة الهواء البارد التى تغزو مؤخرة الانخفاض بهذه الصورة باسم الجبهة الباردة **Cold Front** ، كما تسمى مقدمة الموجة الدافئة ، وهى مقدمة المنخفض باسم الجبهة الدافئة **Warm Front** أما كتلة الموجة الدافئة نفسها التى تكون المنخفض ، فتسمى القطاع الدافئ **Warm Sector** .

ونظراً لأن المنخفضات الجوية في العروض المعتدلة تقع في نطاق هبوب

الرياح النورية ، فانها تتحرك من الغرب تحاه الشرق ، وان كانت مساراتها تنحرف أحيانا نحو الشمال الشرقي بسبب نشط الدورة الهوائية العامة وقوة الحركة الممرجية للرياح العليا (الجبهة - سرورية) . وتكون سرعة الهواء البارد في مؤخرة المنخفضات اكبر من سرعة الهواء الدافئ في مقدمتها . ذلك لان الهواء الدافئ يفقد جزء من سرعة الحركة أفقيا لمحاولته الارتفاع فوق الهواء البارد راسيا . ولهذا يأخذ القطاع الدافئ من المنخفض الجوي في الضيق والتدريج ، الى أن يلتقي الهواء البارد في مقدمة المنخفض بالهواء البارد في مؤخرته . وبذلك يقطع الصلة بين الجزء المتقدم من الموجة الدافئة عن الكتلة الدافئة أو القطاع الدافئ . وانفصال الجزء المتقدم يعتبر المرحلة النهائية لتكون المنخفض الجوي . وهي المرحلة المميزة باسم مرحلة الامتلاء **Occlusion** وفيها يسيطر الهواء البارد على المنخفض ، ويواصل غزوه للهواء الدافئ المحصور وتسريه أسفله حتى يتمكن من طرده الى طبقات الجو العليا ، فيبرد ، وبالتالي ينتهي المنخفض .



شكل رقم (٦٣) مراحل تطور منخفض جوى

- تمثل الرسوم الوسطى حرائط السطح .
- تمثل الرسوم العليا والسفلى قطاعات راسية في الجنب على طول الخطوط
- منقطعة في الرسوم الوسطى



## أنواع امتلاء المنخفضات الجوية

يلاحظ أن هناك نوعين من الامتلاء هما :

### ١ - الامتلاء البارد Cold Occlusion :

ويتم حينما يكون الهواء البارد في مقدمة المنخفض أقل برودة من الهواء البارد في مؤخرته ، فبدل أن يصعد فوقه عند التقائهما ، فإنه يندفع تحته .

### ٢ - الامتلاء الدافئ Warm Occlusion :

ويحدث حينما يكون الهواء البارد في مقدمة المنخفض أشد برودة من الهواء البارد في المؤخرة . فعند التقائهما يصعد الهواء الأقل برودة فوق الهواء الأكثر برودة ، مثلما يحدث عندما يصعد هواء موجة دافئة فوق هواء موجة باردة .

### الظواهر الجوية التي تصاحب المنخفضات الجوية :

يصاحب نشأة المنخفضات الجوية ونموها ظواهر جوية ، تنتقل معها من الغرب الى الشرق في نفس اتجاه تحرك المنخفضات الجوية . وبناء على سلوك المنخفض الجوى ، يتمكن خبير الرصد الجوى من التنبؤ بأحوال الطقس والتغيرات المتوقعة لأحوال الجو . لكن كثيرا ما تخيب توقعات الراصد الجوى لأسباب تتعلق بالمنخفض الجوى ذاته ، ليس للراصد بها حيلة . فقد يغير المنخفض الجوى مساره ، فينحرف الى الجنوب الشرقى أو الشمال الشرقى بدلا من اتجاهه مباشرة نحو الشرق ، أو قد يمتلىء ويضمحل قبل وصوله الى منطقة محطة الرصد ، أو قد يقوى ساعده ويشد بورود هواء بارد وهواء دافئ جديد . ومن الممكن أن يغير المنخفض سرعته ، فيسرع اذ تدفعه رياح غربية قوية ، أو قد يرايض فوق منطقة بضعة أيام ، فلا يصل الى منطقة الرصد في الموعد الذى يتوقعه الراصد . ولهذا كله فإن التنبؤات الجوية كثيرا ما تخطئ لهذه الأسباب التى تخرج عن ارادة الراصد .

ويتألف المنخفض الجوى كما سبق ورأينا من خمسة أجزاء هى :

١ - هواء بارد في المقدمة . ٢ - جبهة دافئة .

٣ - قطاع دافئ . ٤ - جبهة باردة .

٥ - هواء باردة في المؤخرة .

فإذا لم يطرأ تغير غير منتظر على المنخفض الجوى ، فإن التلقبات



الجوية في المناطق التي تقع على امتداد مسلكه ، تتتابع بنظام معلوم يمكن سردها في النقاط التالية :

- ١ - عندما يمر قسم الهواء البارد في مقدمة المنخفض ، يسود الجو حالة استقرار ، نظرا لتجانس الهواء في برودته وعدم وجود هواء صاعد .
- ٢ - وقبل أن تصل الجبهة الدافئة كجزء من أجزاء المنخفض ، يسجل الباروجراف انخفاضا في الضغط ، ويسجل الترمومتر ارتفاعا في حرارة الجو ، وتزداد الحرارة ارتفاعا بوصول الجبهة الدافئة ، ويتغير اتجاه الرياح ، فتهب من الجنوب الشرقي والجنوب حاملة معها هواء مداريا حارا أو دافئا ، جافا اذا كان آتيا من كتلة قارية ، رطبا اذا كان صادرا من سطح بحري .

ثم تظهر في الغرب سحب مرتفعة من نوع السحاق Cirrus ، رقيقة جدا لونها أبيض ناصع ، تشبه أهداب الريش ، أو القطن المندوف ، وهي تتألف من جزيئات صغيرة من الثلج . ويزداد سمك هذا السحاب كلما اقترب المنخفض من محطة الرصد كما يأخذ مستواه في الهبوط ، ويتحول الى نوع من السحب كثيف يعرف باسم السحاق الطبقي Cirro-Stratus ، وهو رقيق نوعا وتظهر الشمس من خلفه نهارا والقمر ليلا ، ولكنه يكون حول كل من الشمس والقمر هالة من الضوء سببها انعكاس الأشعة على جزيئات الثلج . ويزداد سمك السحب ويهبط مستواها وتتحول الى نوع من السحاب الطبقي المتوسط الارتفاع المعروف باسم Alto-Stratus . وتواصل السحب التراكم وتستمر كثافتها في الازدياد، ويزداد قربها من سطح الأرض ، بحيث تحجب ضوء الشمس، وحينئذ تتحول الى نوع يسمى المزن الطبقي Nimbo-Stratus وحين يظهر المزن الركامي يبدأ سقوط المطر خفيفا ، ثم لا يلبث أن يشتد عند مرور الجبهة الدافئة من المنخفض ، وتزداد السحب انخفاضا حتى لا يزيد ارتفاعها عن ٥٠٠ متر ، وفي هذه المرحلة تتزايد احتمالات تكون الضباب نتيجة لتبخر الأمطار في طبقة الهواء الراقعة أسفل السحب .

- ٣ - ويلي مرور الجبهة الدافئة مرور القطاع الدافئ Warm Sector الذي يسمى «عين الأعصار» أو مركزه أو قلبه . وعند مروره يصبح الجو صحويا في العادة ، وقد تسقط أمطار خفيفة في شكل رذاذ بسبب ارتفاع الهواء الدافئ في مركز الأعصار ، وتتحول الرياح من جنوبية أو جنوبية شرقية الى جنوبية غربية ، وترتفع درجة الحرارة ، ويتلاشى الضباب، وتنقشع الغيوم، ويتوقف سقوط المطر . ويستمر الحال على هذا النحو يوما أو بعض يوم حسب سرعة تحرك المنخفض الجوي ، ثم تصل بعد ذلك الجبهة الباردة .

٤ - حينما تصل الجبهة الباردة تسخفض الحرارة سريعاً . وتظهر في السماء سحب عالية ومتوسطة ، ومم تلبث أن نحس محلها سحب ركامية ومزن ركامى سميك Cumulo-Nimbus وتتحول الرياح فتصبح شمالية عربية ، ويزداد انخفاض الحرارة ، ويرتفع الضغط الجوى ، ونهطل رحات من المطر الغزير ، ويكون انهمار المطر مصحوبا في كثير من الأحيان بعواصف رعدية ، وقد تهب رياح شديدة البرودة . وتتواصل هذه الظواهر الجوية الشديدة مدة يوم أو أكثر حسب سرعة تحرك المنخفض وعلى الرغم من قسوة الظواهر الجوية التى تصاحب الجبهة الباردة فانها تكون محصورة في مساحة صغيرة نسبيا ، على عكس الظواهر الجوية التى ترافق الجبهة الدافئة التى تنتشر فوق مساحة أكبر ، لكنها أقل شدة وقسوة .

٥ - يأخذ الجو في التحسن بعد مرور الجبهة الباردة ، لكنه يبقى باردا نسبيا ، وتهب الرياح ، وقد تظهر سحب الركام وتسقط بعض الأمطار نتيجة لورود جبهات ثانوية باردة . ولكن الجو يتحسن بالتدريج حتى يبتعد المنخفض نهائيا أو يمتلىء آثاره فيصبح الجو صحوا وترتفع الحرارة وتعود الظواهر الجوية الى ما كانت عليه قبل مرور المنخفضات .

### الجبهات النشطة والجبهات الخاملة :

تباين شدة المنخفضات الجوية بحسب اختلاف نشاط الجبهات الهوائية التى تصاحبها . فبعض الجبهات نشط تثير اضطرابا شديدا في الجو ، فتتغير سرعات الرياح واتجاهاتها بشدة ، وينهمر المطر محذرا . وتكون الجبهات النشطة Anafronts عندما تكون تيارات الهواء الصاعدة في القطاع الدافئ أقوى من تلك التيارات الصاعدة في الجبهة .

وتتكون الجبهات الخاملة Katafront حينما تكون التيارات الهوائية الهابطة هي السائدة في القطاع الدافئ من المنخفض .

توزيع المنخفضات الجوية وخصائصها ومسالكها :

### التوزيع :

يتوزع ظهور المنخفضات الجوية في نطاقين كبيرين فيما بين دائرتي عرض ٣٥ - ٦٥ درجة شمالا وجنوبا . وهى العروض المعتدلة التى يسود فيها هبوب الرياح الغربية ، ويكثر فيها تقابل الكتل الهوائية المدارية والقطبية . وهى تكثر ويزداد نشاطها في فصول عنها في فصول أخرى تبعا لمواقع ظهورها . فهى تكثر وتنشط في فصل الشتاء والربيع في حوض البحر

المتوسط ، بينما تتعدد ويشهد نشاطها في غرب أوربا في فصلى الخريف والشتاء .

### الحجم :

تختلف المنخفضات الجوية عن بعضها من حيث الحجم . فبعضها يغطى الواحد منها مساحة يصل قطرها الى ٢٠٠٠ كم ، وبعضها الآخر صغير قد لا يزيد قطر المنطقة التى يغطيها على ٤٠٠ كم . وسلك هواء المنخفض الجوى صغيرا اذا قيس بقطر حجمه ، فهو لا يزيد على ٢٠ كم ، ذلك أن الضغط الجوى يصبح متجانسا عند ارتفاع عشرين كيلو مترا .

وينبغى أن نشير الى أن تأثيرات المنخفض الجوى تتسع وتتعدى المنطقة التى يغطيها الى مناطق بعيدة ، فكثيرا ما يتسبب فى جذب رياح قطبية باردة الى المناطق المدارية ، وتحريك رياح حارة من المناطق المدارية الى المناطق الباردة . ويتوقف المدى الذى يصل اليه تأثير المنخفض الجوى على مقدار عمقه ودرجة انحداره .

### العمق والانحدار :

بعض المنخفضات يكون شديد العمق ، أى يكون الفرق كبيرا بين مقدار الضغط فى قلب المنخفض ومحيطه . وبعضها الآخر يكون ضحلا حينما يكون هذا الفرق صغيرا .

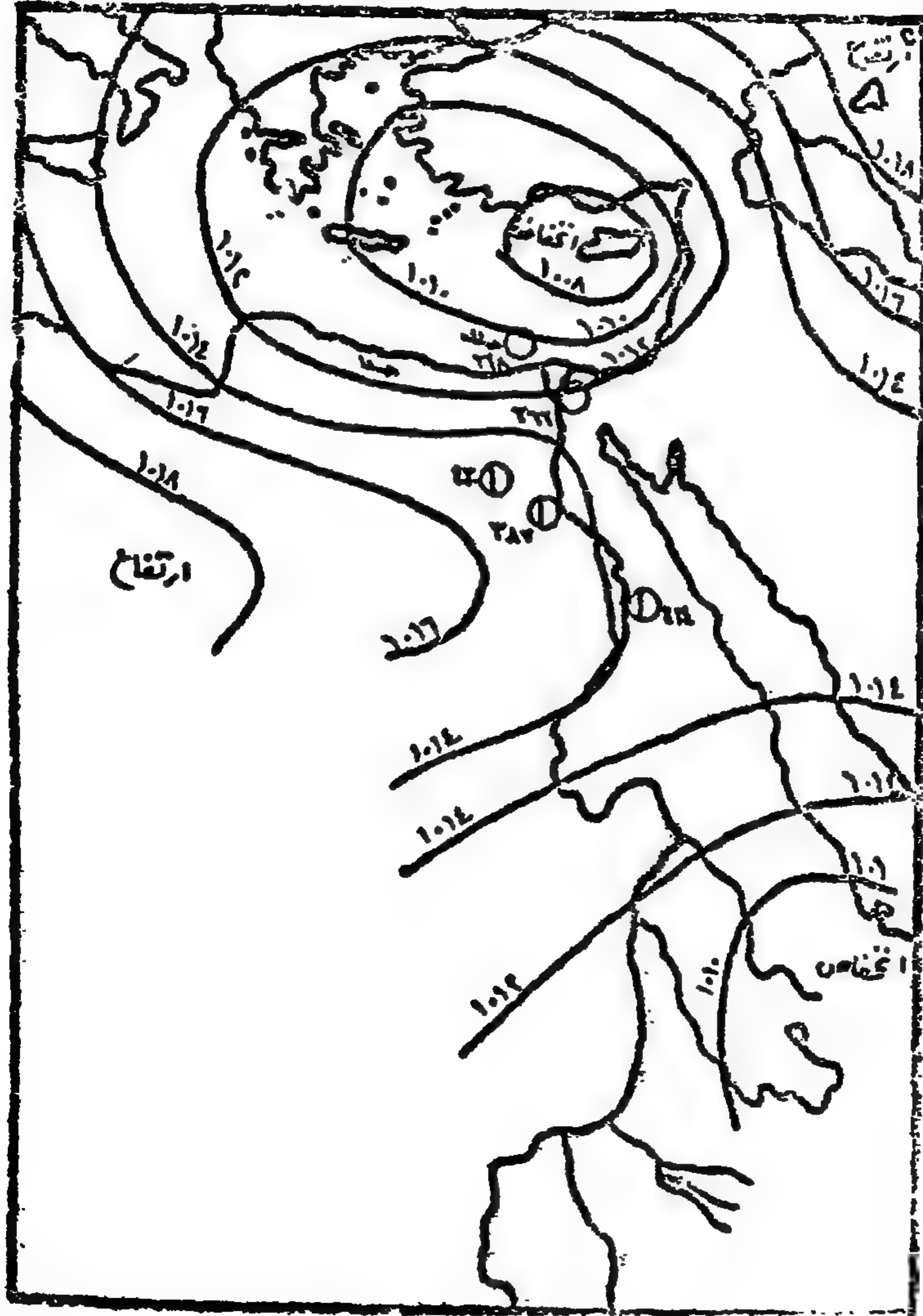
ويكون المنخفض شديد الانحدار اذا ما تقاربت خطوط الضغط ، فيكون معدل انخفاض الضغط نحو مركزه كبيرا . أما اذا تباعدت خطوط الضغط على خرائط الطقس ، فان ذلك يعنى أن معدل انخفاض الضغط نحو مركز المنخفض يكون صغيرا ، وتبعاً لذلك يصبح المنخفض ضعيف الانحدار .

وتتوقف قوة المنخفض وما يثيره من اضطراب جوى وسرعة الرياح التى تدور حول قلب المنخفض على مقدار عمقه ودرجة انحداره ، وعلى عوامل مثل سرعة دوران الأرض حول نفسها ، واختلاف هذه السرعة بالنسبة لدرجة العرض ، وكذلك مقدار كثافة هواء المنخفض فكلما كان المنخفض عميقا ، وكان انحدار الضغط الجوى نحو مركزه شديدا ، كلما كان قويا عنيفا . على أن تأثير شدة انحدار الضغط فى تقرير عنف المنخفض أهم من تأثير عمق المنخفض . فحينما يشتد الانحدار تزداد سرعة الرياح المندفعة نحو قلبه . فالمنخفض الجوى الذى يتدرج فيه الضغط الجوى نحو قلبه ستة ملايين كيلوباسكال مثلا فى مسافة خمسين كيلو مترا ، أعنف وأشد تأثيرا من منخفض آخر يتدرج

فيه الضغط سبعة مليبارات في مسافة مئة كيلو متر . هذا على الرغم من أن الثاني عمق من الأول لكن الأول اتد 'نحذار' من الثاني .

### مسالكها :

تشير خرائط الطقس في الأقاليم المعتدلة أن المنخفضات الجوية أو الأعاصير تتخذ لها مسالك شبه بخطوط منحنية تصل بين مراكزها في مواقعها المتتالية . وتتحرك أعاصير الجهات المعتدلة من الغرب نحو الشرق، لكنها تنحرف قليلا نحو القطبين أي نحو الشمال الشرقي في نصف الكرة



شكل رقم (٦٤) منخفض جزري مرأى فوق جزيرة قبرص



الشمالي ، ونحو الجنوب الشرقي في النصف الجنوبي . كما وقد تبين أن مسارات الأعاصير تتحرك مع تحرك مناطق الضغط الجوي العامة نحو الشمال ونحو الجنوب تبعا لحركة الشمس الظاهرية .

### السرعة :

سرعة تحرك المنخفض الجوي غير ثابتة وغير محددة . بل يحدث أحيانا أن يراىض المنخفض الجوي فوق منطقة معلومة عدة أيام ، بسبب سيادة ظروف جوية معينة . وهذا ما يحدث كثيرا في شتاء النصف الشمالي ، حين يتمركز منخفض جوى فوق جزيرة قبرص لمدة يومين أو ثلاثة ، فيضطرب الجو في شمال مصر طوال تلك المدة .

وتتراوح سرعة تحرك المنخفض الجوي في المتوسط بين ٢٠ - ٣٠ كيلو مترا في الساعة ، وتقل السرعة بطبيعة الحال قرب التلاشى أو الامتلاء . ويمكن القول بصفة عامة أن سرعة تحرك المنخفضات الجوية في الشتاء أكبر منها في الخريف . وأن المنخفضات العميقة أسرع من الضحلة .

### أعاصير الأقاليم المدارية :

يتميز مناخ الأقاليم المدارية بالانتظام والرتابة بالقياس الى مناخ الأقاليم المعتدلة الذى يوصف بالاضطراب والتقلب الشديد . والسبب في انتظام مناخ المناطق المدارية هو أن تلك المناطق تتعرض كلها لكتل هوائية مدارية متجانسة لا تتصف باختلافات شديدة في درجات الحرارة ، بينما تتعرض الأقاليم المعتدلة لالتقاء كتل هوائية قطبية ومدارية متطرفة الحرارة . ورغم هذا فإن الأقاليم المدارية تعاني من تقلبات جوية تؤثر في درجة الحرارة واتجاه الرياح وسرعتها وكمية الأمطار الساقطة . والاضطرابات الجوية في الأقاليم المدارية تستمد طاقتها من تكاثف بخار الماء ، فهي ليست اضطرابات جبهات كما هي حال اضطرابات المناطق المعتدلة . وتسمى الأعاصير المدارية أحيانا باسم العواصف المدارية أو الزوابع المدارية .

### موازنة بين الأعاصير المدارية وأعاصير الجهات المعتدلة :

وحيثما نجرى موازنة بين الأعاصير المدارية والمنخفضات الجوية في المناطق المعتدلة . نجد الأولى تظهر في نطاق الرياح التجارية والرياح الموسمية أما الثانية فتوجد في نطاق هبوب الرياح الغربية ، وبينما تتحرك الأعاصير المدارية من الشرق نحو الغرب بتأثير الرياح التجارية ، فإن المنخفضات الجوية تتحرك من الغرب نحو الشرق بتأثير دفع الرياح الغربية . ويغلب حدوث الأولى في مناطق معلومة فوق المحيطات بينما تحدث الثانية

عوق لاء وفوق ليدس على حد سوء وحجم الاعصار المدارى صغير بالنسبة لحجم المنخفض الجوى ، فقطر الأول يتراوح بين ١٠٠ - ٢٥٠ كم بينما يريد قطر المنخفض الجوى على ألفى كيلو متر . وتتطور العواصف المدارية الى روابع قوية ترتفعها ربح مدمرة وأمطار غزيرة ، فهي اشد قوة وأعظم أثرا من المنخفضات الجوية ، ويترتب عليها كثير من الخسائر فى الأرواح والممتلكات . والعواصف المدارية أكثر عمقا من أعاصير الجهات المعتدلة ، وانحدار الضغط فيها أشد والرياح من حولها أعنف وأقوى .

وتتشابه الأعاصير المدارية ومنخفضات العروض المعتدلة فى اتجاه دوران الرياح حول مراكزهما ، فهو ضد عقارب الساعة فى نصف الكرة الشمالى ، ومع اتجاهها فى نصف الكرة الجنوبى ، كما تتشابه فى معظم الظواهر الجوية التى تصاحبهما ، وان كانت ظواهر العواصف المدارية أعنف وأشد قسوة كما أسلفنا .

### نشأة الأعاصير المدارية :

على الرغم من أن عمليات الرصد الدقيقة التى تمت حتى الآن للعديد من الأعاصير المدارية ، واستخدمت فيها المراكب الفضائية والرادارات قد ألقت كثيرا من الضوء على تطور تلك الأعاصير ، فان ما نعرفه من معلومات حتى الآن مايزال غير كاف لتفسير نشأتها وتطورها .

وهناك عدد من الآراء التى قيلت فى أسباب نشأة الأعصار المدارى نلخصها فى الآتى :

١ - رأى يقول بان سبب نشأتها يرجع لتقابل ثلاث كتل هوائية غير متجانسة الخصائص ، ويحدث هذا حينما تتقابل كتل هوائية مدارية قارية باخرى بحرية فى نطاق يقع على الجبهة الاستوائية ، وعندئذ يحدث اضطراب شديد فى هوية تلك الكتل وتداخل بينها ، ويتكون تبعا لذلك لاعصار المدارى الذى تشتد حركة الرياح حوله .

٢ - رأى آخر يقول بان الأعاصير المدارية تنشأ بفعل عمليات التسخين المحلية لهواء نطاق الرهو الاستوائى الرطب على الاجزاء الخريفية من المحيطات ، حيث يساعد الهواء وسكونه على رفع درجة حرارة المستويات السفلى منه الملامسة لسطح الأرض بسرعة ، ومن ثم تتمدد وترتفع الى أعلى فى هيئة تيارات هوائية صاعدة .

أضاف الى ذلك أن التيارات المائية البحرية الاستوائية تجلب الى الاجزاء

لعربية من المحيطات كميات هائلة من المياه السطحية الدافئة بصفة مستمرة ، ويكون الهوى الذى يعنوه متبعاً ببحار الماء ، وهو مصدر الأمطار الغزيرة التى يصاحب الأعاصير المدارية

وقد أمكن بجميع عدد من الحقائق عن طريق الرصد واستخدام النماذج التجريبية والرياضية ، نلخصها فى النقاط التالية ، فهى لاشك تعين على نهم نشأة الأعاصير المدارية وتطورها :

١ - لا تظهر الأعاصير المدارية عند خط الاستواء نفسه ، بل إنها لا تنشأ فى النطاق الواقع بين دائرتى عرض ٥ درجة شمالاً وجنوباً ، نظراً لانعدام تأثير قوة كوريولس ، وهى القوة الانحرافية المسئولة عن أحداث الحركة الدورانية التى تتميز بها الأعاصير المدارية ، أى دوران الرياح بسرعة حول عين الأعصار فى شكل دوامة . ولهذا فإن الأعاصير المدارية تنشأ فى الفصل الذى تتزحزح فيه منطقة الرهو الاستوائى إلى أبعد مدى من دائرة الاستواء نحو الشمال أو جهة الجنوب ، ويكون ذلك فيما بين دائرتى عرض ١٠ - ٢٠ درجة شمالاً أو جنوباً .

٢ - يخلو المحيط الأطلسى الجنوبي من الأعاصير المدارية ، لأن نطاق الرهو الاستوائى لا يتزحزح إلى الجنوب من خط الاستواء على هذا المحيط فى أى فصل من فصول السنة ، نظراً لقلة مساحة اليابس بالنسبة لمساحة الماء فى هذا القسم الجنوبي من المحيط . وتبعاً لذلك يمكننا القول بوجود علاقة قوية بين مناطق نشأة العواصف المدارية وموقع نطاق الركود الاستوائى .

٣ - يكثر حدوث الأعاصير المدارية فى نصف الكرة الشمالى فيما بين شهرى أغسطس وأكتوبر ، وفى النصف الجنوبي فيما بين شهرى يناير وفبراير . وتصل إلى أقصى نشاط لها عندما تكون الرياح الغربية فى المناطق المعتدلة منكشحة شمالاً (فى النصف الشمالى) أو جنوباً (فى النصف الجنوبي) وحينئذ تتوغل فى سيرها غرباً ثم تنحرف شمالاً أو جنوباً ، وتدخل فى نطاق هبوب الرياح الغربية ، فتتحول إلى منخفضات جوية عادية تتحرك من الغرب نحو الشرق .

٤ - تستمد الزواجع المدارية قدرتها الضخمة وعنفوانها من تكاثف بخار الماء ، ولهذا فلا بد من وجود مسطحات مائية حارة تزيد درجة حرارة مياهها السطحية على ٥٧ درجة مئوية . وقد تبين أن درجة حرارة مركز الأعصار أعلى من درجة حرارة هوائه ، وأن سرعة الرياح تزداد بازدياد انحدار الضغط ودرجة حرارة المياه السطحية . ويبدأ الأعصار المدارى فى الضعف ثم التلاشى إذا دخل اليابس نظراً لأنه حينئذ يبتعد عن مورد تزويده



ببخار الماء ، أو حينما ينتقل الى مسطحات مائية باردة تفتقر الى الحرارة  
التي ينبغى أن يتزود بها .

٥ - لوحظ أنه حينما يتكون الاعصار المدارى وينمو ، ينشأ مرتفع  
جوى قوى فى المستوى العلوى من التروبوسفير ، وهذا من شأنه تكوين ضغط  
جوى منخفض على السطح .

٦ - حين ينشأ الاعصار المدارى وينمو ، تتكون فى مركزه منطقة  
مستديرة الشكل يتراوح قطرها بين ٢٠ - ٣٠ كيلو مترا ، هى التى تسمى  
«عين الاعصار» ، وفيها تكون الرياح هادئة والسما صافية ، والأمطار  
قليلة ، كما تتصف بالتيارات الهوائية الهابطة .

ويدور الهواء حول عين الاعصار ضد عقارب الساعة فى نصف الكرة  
الشمالى ، ومعها فى النصف الجنوبى ، وذلك بسرعة قد تصل الى ٣٧٠ كيلو  
مترا فى الساعة .

وأكثر مناطق الاعصار اضطرابا هى التى تحيط بعين الاعصار، وتعرف  
باسم «جدار الاعصار» Eye Wall ، وفيها تعيف الرياح وتبلغ أقصى سرعتها ،  
وتغيم السماء وتسقط الأمطار الغزيرة ، ويسودها صعود الهواء .

### توزيع الأعاصير المدارية ومسالكها :

ذكرنا أن الأعاصير المدارية تتخذ لها مسارات شرقية غربية ، لكنها  
تنحرف شمالا فى نصف الكرة الشمالى ، وجنوبا فى نصفها الجنوبى . وتدور  
الأعاصير المدارية فى سيرها حول الهوامش الغربية لمناطق الضغط المرتفع  
فوق شرقى المحيطات، حيث تلتقى تلك المناطق مع مناطق الضغط المنخفض  
التي تنشأ فوق اليابس صيفا ، وذلك فى نطاق الركود الاستوائى فيما بين  
١٠ - ٢٠ درجة شمالا وجنوبا .

### وأهم مناطق توزيعها ما يلى :

١ - منطقة البحر الكاريبى (جزر الهند الغربية وخليج المكسيك  
وسواحل فلوريدا) ، حيث تعرف هناك باسم هاريكين Hurricane ويصيبها  
نحو ستة أعاصير فى السنة فيما بين شهرى يونية ونوفمبر ، معظمها فى  
شهرى سبتمبر وأكتوبر .

٢ - منطقة البحر العربى ويصيبها اعصاران ، ومنطقة المحيط الهندى  
شرقى جزر مدغشقر ويصيبها نحو ستة أعاصير سنويا ، وتعرف الأعاصير  
فى هذه المناطق باسم الأعاصير Cyclones .



٣ - خليج بنغال ، ويصيبه نحو عشرة أعاصير سنويا فيما بين شهري يونية ونوفمبر .

٤ - بحر الصين وسواحل اليابان حيث تعرف باسم تيفون Typhone وجزر الفيلبين حيث يعرف باسم باجويوس Bagnios ، ويصيب تلك المناطق نحو ٢٢ أعصارا كل سنة ، معظمها يحدث فيما بين يوليو وأكتوبر ، وان كانت هذه المناطق تتعرض لحدوث الأعاصير في جميع شهور السنة ، أكثرها سبتمبر بمعدل ١٩ أعصارا ، وأقلها فبراير ومارس بمعدل أعصارين لكل منهما .

٥ - منطقة جنوب المحيط الهادى شرقى استراليا وجزر ساموا Samoa وتعرف هنا باسم ويلي ويليز Willy-Willies ويصيبها أعصاران سنويا فى المتوسط .

### حركة الأعاصير المدارية وأثارها :

كثيرا ما يطلق على الأعاصير المدارية اسم عام هو ( هاريكين ) وذلك عندما تزيد سرعته على ١٤٠ كيلو مترا فى الساعة . ويدل على قرب وصول الأعصار انخفاض الضغط الجوى ، وتغير سرعة الرياح واضطراب اتجاهاتها ، واثارة أمواج عالية فى مياه المحيط ، وظهور سحب السمحاق ، التى ما تلبث أن تتحول الى سحب السمحاق الطبقي المتوسط الارتفاع ثم سحب الركام . وعندما يصل الأعصار الى منطقة الرصد يهبط الضغط الجوى بسرعة ، وتشتد سرعة الرياح ، ويسقط المطر الغزير . فاذا ما حل بالمكان عين الأعصار يصحو الجو ، وتهب الرياح . وحينما يمر عين الأعصار يرتفع الضغط وتهب الرياح بشدة وتسقط الامطار بغزارة . وحينما يمر الأعصار تعود ظروف الجو الى حالتها العادية .

ويصيب المناطق الساحلية المأهولة بالسكان كثير من الدمار والتخريب بسبب تعرضها لهبوب الأعاصير المدارية ، اذ ترافقها رياح تصل سرعتها الى ما يزيد على ٣٧٠ كيلو مترا فى الساعة ، ويسقط مطر غزير قد يبلغ مقداره خمسين سنتيمترا فى اليوم الواحد ، فيسبب فيضانات مدمرة وتثير الرياح القوية أمواج عاتية تقتحم الخلجان والشواطىء ، وتغمر مساحات واسعة . ومن أمثلة الدمار الذى يصيب الشواطىء المأهولة ما لحق بجمهورية بنجلاديش فى اكتوبر من عام ١٩٧٠ ، فقد ضربها أعصار عات مخرب أزهدق أرواح نحو ثلث مليون نسمة ، ودمر عمائر ومنشآت فوق مساحة كبيرة ، وشرد مئات الألوف من البشر .

ورغم أن حجم الأعصار المدارى ليس كبيرا بالقياس الى المنخفض الجوى ، فقطره المثالى فى حدود ٦٥٠ كم ، فإن الضغط الجوى فيه يكون منخفضا للغاية ، فقد يهبط أحيانا الى نحو ٩٥٠ مليبارا ، بل لقد ينخفض فى حالات شاذة الى ٩٢٠ مليبارا ، وهو بذلك يكون شديد العمق ، كما أن انحدار الضغط فيه يكون شديدا أيضا للغاية ، حتى أن خطوط الضغط المتساوى المرسومة حول عينه تكون فى شكل دوائر ، وتكون متقاربة جدا . هذا ويبلغ متوسط عمر الأعصار المدارى بين يومين وثلاثة أيام ، ولكنه - مثل المنخفض الجوى - قد يراىض فوق منطقة يوما أو يومين أو أكثر مما يتسبب فى مضاعفة تأثيراته التخريبية .

هذا وتبذل حكومات الدول التى تضربها الأعاصير المدارية جهودا كبيرة فى سبيل مراقبتها وتتبع مساراتها وانذار المناطق التى ستصيبها باقتراب وصولها . كما أمكن اتخاذ بعض اجراءات من شأنها التأثير عليها واطعافها . فقد استخدمت الولايات المتحدة الامريكية الطائرات والسفن الفضائية فى تحديد مواقع الأعاصير فوق المحيط وتتبع مساراتهم لامكانية الانذار المبكر ، وفى نشر مواضعها بمسحوق الثلج وبايوديد الفضة لكى يتكاثف ما بها من بخار الماء بسرعة فيفقد الأعصار مورد طاقته التدميرية وهو تكاثف بخار الماء قبل أن يصل الى الشواطىء المأهولة .

### أعاصير التورنادو :

التورنادو Tornado كلمة إسبانية الأصل تطلق على العواصف المدارية التى تظهر فى غرب أفريقيا على ساحل غانة بالقرب من دائرة الاستواء ويترتب عليها تغير سريع فى حركة الرياح يضايق السفن . وهذه يطلق عليها حاليا التورنادو الأفريقى . وقد انسحب الاسم الآن ليطلق على الأعاصير المدارية التى تصيب الولايات المتحدة الأمريكية خصوصا ولاياتها الجنوبية فى اطار حوض نهر المسيسبى .

### نشأتها :

يتكون أعصار التورنادو الأفريقى حينما تهب رياح الهرمتان الجافة من الصحراء الكبرى الأفريقية على ساحل غانة ، وتلتقى هناك بالرياح الموسمية الرطبة التى تهب من خليج غانة .

أما أعصار التورنادو الأمريكى ، فيظهر فى المناطق المعتدلة داخل نطاق بعض المنخفضات الجوية . وأفضل ظروف تكونه هى عندما يزحف هواء قطبى بارد فوق هواء مدارى دافىء رطب قادم من خليج المكسيك . ويغلب

تكون التورنادو في البحر ثم تتحرك الى اليابس . وعلى الرغم من ان كيفية نشأته لم تعرف على وجه الدقة حتى الآن ، فانه من المعتقد ان المصدر الرئيسى للطاقة في التورنادو هو الطاقة الكهربائية الزائدة التى تتراكم في الاعصار بفعل شدة البرق . هذا ولم يتم تطوير وسيلة فعالة حتى الآن للتنبؤ بالتورنادو وتحديد مساره .

### خصائصها وآثارها :

أعاصير التورنادو أعظم الأعاصير المدارية عنفا ، وأكثرها تدميرا ، فهى من القدرة بحيث تصيب المنطقة التى تمر بها بالدمار الكامل ، حتى لتبدو وكأنه قد ضربها زلزال عنيف . وتعزى الطاقة التدميرية الهائلة التى يتميز بها التورنادو الى صغر حجمه من جهة ، وإلى شدة تدرج الضغط الجوى وعمقه من جهة أخرى ، أضف الى ذلك سرعة دوران الرياح الشديدة حول عين الاعصار - ذلك أن أغلب أعاصير التورنادو لايزيد عرضها عن كيلومتريين ، ومساره لايزيد على ٢٠ كيلومترا ، لكن الضغط الجوى يتناقص فيه الى ٨٠٠ بل الى ٦٠٠ مليبارا ، وتبلغ سرعة الرياح ٥٠٠ كم/ساعة . وهذه أرقام تقديرية لأنه لم يتم حتى الآن التمكن من قياس شدة انحدار الضغط الجوى أو سرعة الرياح التى تدور حول مركز التورنادو ، لان آلات الرصد تتعرض للتدمير الكامل بسبب شدة الرياح . ولقد أمكن الوصول الى تقديرات لانحدار وسرعة الرياح عن طريق دراسة وتحليل الآثار التى يتركها التورنادو فى المنشآت التى يدمرها .

من هذا نرى أن أعاصير التورنادو تشبه المنخفضات الجوية والأعاصير المدارية فى بعض الخصائص ، لكنها أقل من أى النوعين حجما ، وأكثر من أى منهما فتكا وتخريبا ، ومساراتها فى العادة عشوائية ومشوشة وهى لحسن الحظ قصيرة لا تزيد على ٢٠ كم ، وتسير بسرعة تتراوح بين ٥٠ - ٧٥ كم/ساعة . وهى تشبه العواصف الرعدية فى مواعيد حدوثها ، بين الساعة الثانية والتاسعة مساء ، فقد وجد أن ٦٧% من أعاصير التورنادو التى ضربت الولايات المتحدة الامريكية قد حدثت بين الساعة الثانية والساعة الثامنة مساء .

وعند حدوث التورنادو تتكون بسماء المنطقة سحب المزن الركامى السميك المنخفضة ، ويحدث أحيانا أن يتدلى منها مخروط نحس سطح البحر ، يقابل ارتفاع مياه البحر المضطربة فى شكل نافورة يصل ارتفاعها أحيانا الى نحو مائة متر وقطرها نحو عشرة أمتار . ومثل هذه الأحوال تكون خطرا محققا يهدد السفن بالانغراق فى معظم الأحيان .



وتظهر أعاصير 'التورنادو' في الصيف وأكثرها في الربيع ، ويصيب الولايات المتحدة نحو ١٥٠ إعصارا كل سنة في المتوسط . ويستمر الأعصار فترة قصيرة لا تزيد على بضع ساعات ، لكنه يكون عنيفا شديد التدمير ، فقد يغرق السفن في المحيط ، كما يحدث في منطقة مثلث برمودا ببحر سارجاسو بالمحيط الاطلسي جنوب شرق أمريكا الشمالية حيث يتكرر ظهور التورنادو ، كما يستطيع الأعصار تحطيم المنازل واقتلاع الأشجار ، ويسبب الكثير من الكوارث فوق اليابس المعمور .

### عواصف الرعد والبرق :

ظاهرة الرعد والبرق ظاهرة مألوفة نعرفها في جو الشتاء بمصر ، كما نعرفها طقس معظم أنحاء العالم باستثناء المناطق القطبية . وعواصف الرعد والبرق تقترن بحدوث التساقط في سحب المزن الركامي ، ولذلك يكثر حدوثها في مناطق التيارات الهوائية الصاعدة كالجبهات الاستوائية ، بينما ينعدم حدوثها في المناطق القطبية حيث التيارات الهوائية الهابطة .

وتتمتاز سحب المزن الركامي بالمسك الكبير وكثرة الرطوبة وشدة اضطراب الجو . وقد تبين من دراسة تلك السحب أنها تتألف من مجموعة من خلايا الحمل Convective Cells التي يشتد فيها الاضطراب ، ويكثر التكاثف وتكوين المطر وحببات البرد ، لأنها تتغذى ببخار الماء عن طريق التيارات الهوائية الرطبة الصاعدة . ولاشك أن المورد الرئيسي للطاقة في عواصف الرعد والبرق Thunderstorms هو نشاط التيارات الهوائية الصاعدة وتكاثف بخار الماء الذي تحمله معها الى أعلى .

### أسباب صعود الهواء الى أعلى :

مادامت نشأة عواصف الرعد والبرق مرتبطة بصعود الهواء الرطب المضطرب الى أعلى ، فإننا نشير فيما يلي الى أسباب صعوده والمناطق التي يكثر فيها هذا الصعود الى أعلى :

١ - التسخين الشديد للهواء المحمل بالرطوبة فوق اليابس ، كما هي حال عواصف الرعد والبرق التي تحدث في الجبهات الاستوائية ، وفي داخل الكتل اليابسة حيث تتوفر الحرارة والرطوبة في النطاقات المعتدلة ، خاصة بعد الظهر وفي الساعات الأولى من المساء ، وتسمى عواصف الرعد الحرارية أو الانقلابية Heat or Convective Thunderstorms .

٢ - مرور كتل هوائية باردة على أسطح مائية دافئة ، كما هي الحال في عواصف الرعد التي تنشأ على أسطح المحيطات ليلا عندما يكون الفرق كبيرا بين حرارة الهواء وسطح الماء .



٣ - ارتفاع الهواء المحمل بالرطوبة الى اعلى على امتداد الجبهات الهوائية في العروض المعتدلة . وتختلف عواصف الرعد هذه عن عواصف الرعد المنفردة الناشئة عن تسخين الهواء الرطب على سطح الأرض ، فهذه تحدث على شكل نطاق طولى متصل يمتد في القطاع الدافئ من المنخفضات الجوية موازيا للجبهة الباردة ، ويتراوح عرضه بين ٢٥ - ٩٠ كم ، ويبلغ طوله عدة مئات من الكيلو مترات ، وتسمى هذه باسم عواصف رعد الجبهات الهوائية Frontal Thunderstorms .

٤ - تحول كتلة هوائية من الاستقرار الى الاضطراب عند عبورها لنطاق جبلى مرتفع ، خصوصا اذا تميزت بارتفاع حرارتها ورطوبتها ، وتسمى حينئذ عواصف الرعد والبرق التضاريسية Orographic .

٥ - ارتفاع الهواء الدافئ فوق الهواء البارد عند تقابل كتلتين هوائيتين مختلفتي الخصائص ، وتعرف باسم عواصف رعد الكتل الهوائية Air-mass Thunderstorms .

٦ - اندفاع الهواء الرطب بقوة وعنف في الأعاصير المدارية الى اعلى كما يحدث في عواصف الهاريكين والتورنادو .

٧ - التسخين المحلى للهواء الرطب وصعوده الى اعلى بسبب النشاط البركاني ، أو بسبب حدوث الحرائق الكبيرة في الغابات .

### تفسير ظاهرة البرق والرعد :

هناك عدة نظريات تناولت تفسير سبب وكيفية حدوث عواصف البرق والرعد داخل سحب المزن الركامى . وينحصر الاختلاف بين هذه النظريات في تعليل تكون الشحنات الكهربائية الموجبة والسالبة داخل سحب المزن الركامى ، وفي توزيع تلك الشحنات بداخل تلك السحب .

وتتفق جميع النظريات القديم منها والحديث في أن البرق يحدث نتيجة لتفريغ كهربائى اما في داخل السحابة المنفردة ، أو فيما بين سحابتين متجاورتين ، أو بين سحابة و سطح الأرض ، ويطلق على البرق في الحالة الأخيرة اسم صاعقة البرق Strike .

وسنكتفى هنا بشرح موجز لأحدث النظريات وأقربها الى الصحة . وتربط هذه النظرية الحديثة بين الشحنات الكهربائية الموجبة والسالبة التى تتولد في سحب المزن الركامى ، وبين الشحنات الكهربائية الموجبة الموجودة في طبقة الأيونوسفير فوق ارتفاع ١٢ كم من الغلاف الجوى من جهة ، وبين شحنات سطح الأرض السالبة من جهة أخرى .

وقد تبين أن الشحنات الكهربائية التى تتولد في سحب المزن الركامى

تنقسم الى قسمين : الشحنات السالبة تتجمع في القسم الاعلى من السحب ، بينما تتجمع الشحنات الموجبة في القسم السفلى من تلك السحب . وتحمل تيارات الهواء الصاعد الشحنات الكهربائية الموجبة من أسفل سحب المزن الركامى الى اعلاها حيث الشحنات السالبة ، اضافة الى تأثيرات الشحنات الموجبة في طبقة الأيونوسفير على أعلى السحب ، وشحنات سطح الأرض السالبة على أسافلها . ونتيجة لذلك يحدث تفريغ هوائى داخل هذه السحب ، فيحدث البرق .

ويأخذ وميض البرق عدة أشكال ، فقد يتشعب او يتعرج ، وقد يكون بهيئة أقلام مصفوفة ، او يكون شريطيا او بهيئة كرات كبيرة الحجم مضيئة .

ويحدث البرق والرعد في وقت واحد تقريبا ، فهما يتعاصران ، لكن لأن سرعة الضوء (مقدارها ٣٠٠ ألف كيلو متر في الثانية) أكبر كثيرا من سرعة الصوت ( ٣٣٠ مترا فقط في الثانية ) ، فان المشاهد حين العاصفة يرى البرق أولا ، ثم يسمع الرعد بعد ذلك بعدة ثوان ، وكثيرا ما يعقب الرعد هطول المطر ، الذى يساعد على هدوء العاصفة ، وذلك لأنه يلطف حرارة سطح الأرض ، فتقل لذلك التيارات الهوائية الصاعدة .

ويحدث الرعد عقب بدء حدوث البرق مباشرة بسبب التمدد الفجائى للهواء الذى ترتفع حرارته ارتفاعا كبيرا وبشكل فجائى بفعل البرق . وتتولد في الهواء التمدد على هذا النحو سلسلة من موجات التضاضاط والتخلخل التى تنعكس على أسفل السحب وقمم المرتفعات ، فتحدث فرقة او فرقات متتالية تعرف بالرعد .

هذا وقد تبين من مختلف الدراسات أن عواصف الرعد تزيد في المدن عنها في الريف ، ويرجع ذلك الى شدة اضطراب الجو في المدن ، وارتفاع نسبة التلوث بالشوائب . كما أن متوسط أيام حدوثها يختلف من منطقة لأخرى ، والجهات الاستوائية هى أكثر جهات العالم تعرضا لحدوثها ، بسبب شدة نشاط التيارات الهوائية الرطبة الصاعدة . ويبلغ متوسط عدد أيام حدوث تلك العواصف فيها نحو ٨٠ يوما في السنة ، تزداد في مناطق الجزر الاستوائية ، فيبلغ نصيب جزيرة جاوه منها نحو ٢٠٠ يوم كل سنة ، وتشهد مدن الشمال المصرى أكثر من عاصفة رعد وبرق كل عام في الخريف والشتاء .

## الفصل الثامن

### التبخّر والرطوبة

- بخار الماء في الجو وأهميته .
- مصادر بخار الماء ، ووظائفه في الجو .
- وسائل التعبير عن بخار الماء : ضغط بخار الماء ، الرطوبة النوعية ، نسبة الخلط ، الرطوبة الكلية ، الرطوبة النسبية ، نقطة الندى .
- دورة الرطوبة اليومية والفصلية وتوزيعها الجغرافي .
- قياس التبخر : جهاز ويلد ، جهاز بيش ، الهيجرومتر ، الهيجروجراف . كيفية اعداد الأجهزة للاستعمال، وكيفية استخدامها وقراءتها .







## التبخر والرطوبة

بخار الماء أهم المواد العالقة بالجو . وهو مهم للغاية في دراسة المناخ ، لأنه الأصل والمادة اللازمة لجميع مظاهر التكاثف من سحب وتساقط (أمطار وثلوج وبرد) وضباب وندى . ولا يخلو جو مكان على سطح الأرض من وجوده ، حتى في المناطق الصحراوية . لكن كميته ونسبته تختلف من مكان لآخر تبعا لقرب أو بعد مصادره . فالمناطق الاستوائية والمعتدلة هي أكثر مناطق العالم رطوبة، بينما تعتبر المناطق المدارية الصحراوية والمناطق القطبية أقلها احتواء لبخار الماء . ويتركز معظم بخار الماء في المستويات السفلى من الغلاف الجوى ، ويوجد كل بخار الماء في طبقة الجو المحصورة بين مستوى البحر وارتفاع عشرة كيلو مترات .

### مصادر بخار الماء :

- ١ - المسطحات المائية وهي بترتيب أهميتها كمصدر لبخار الماء : المحيطات، البحار، الأنهار، البحيرات، المستنقعات، والغطاءات الجليدية .
- ٢ - النتج من الغطاءات النباتية ، فالنبات يطلق في الجو مقادير كبيرة من بخار الماء .
- ٣ - الإنسان والحيوان والأجسام والأسطح المبللة بالماء ومنها التربة .

### وظائف بخار الماء :

لبخار الماء العالق بالجو عدة وظائف مهمة نجملها فيما يلي :

- ١ - هو حلقة رئيسية في سلسلة الدورة الهيدرولوجية ، وهي دورة المياه في النظام الأرضي . فالمياه في حركة مستمرة ، فهي تتحول من الصلابة (ثلج وجليد) إلى السيولة ، ومن السيولة إلى الحالة الغازية (بخار) عن طريق التبخر ، ويتكاثف البخار في الجو ، ويسقط في شكل مطر أو ثلج أو برد . ولا تشمل الدورة الهيدرولوجية Hydrological Cycle على هذه السلسلة بحالاتها الثلاث فقط ، بل أنها تتضمن تبادلا للطاقة ، فعندما يتبخر الماء يأخذ طاقته من سطح الأرض ، وينقلها إلى الغلاف الجوى عندما يتكاثف . ومعروف أن كل جرام ماء يحتاج إلى ٥٩٣ سعرا حراريا لكي يتبخر ، ولكي يتحول الجرام من حالة الصلابة إلى السيولة يحتاج إلى نحو ٨٠ سعرا حراريا .
- هذا وتقدر نسبة المياه الموجودة في الجو في هيئة بخار بنحو ٠.١ ٪ فقط من جملة المياه الموجودة في النظام الأرضي ، وهي توازي نحو ٣٨٠



الف كم<sup>٢</sup> من المياه . ويساهم التبخر من البحار والمحيطات بنحو ٣٢٠ ألف كم<sup>٢</sup> ، ومن المصادر الأخرى على اليابس بحوالى ٦٠ ألف كم<sup>٢</sup> . وتحوى البحار والمحيطات ٩٧٥٪ من جملة مياه النظام الكونى ، تغطى مساحة من الكرة الأرضية مقدارها ٧١٪ تقريبا ، بينما توجد بالنهار والبحيرات مياه عذبة نسبتها ٤٩ر٠٪، ويحتوى الجليد الذى يغطى المناطق القطبية وقمم الجبال نحو ٢٪ من مياه الكرة الأرضية .

٢ - بخار الماء عامل مهم فى تنظيم الاشعاع الشمسى ، فهو يمتص جانبا مما يرد منه الى سطح الارض ، ثم يرده الى الجو بعد تكاثفه وانتشار الحرارة الكامنة من حبيباته الى الجو، ولهذا يعد عاملا مساعدا على توزيع الحرارة على سطح الأرض . وهو أيضا يحجز معظم الاشعاع الأرضى، ويبقيه فى المستويات السفلى من الجو، ولا يتسرب الى طبقات الجو العليا .

٣ - تتوقف حالات الاستقرار وعدم الاستقرار فى الجو على مقدار وجود بخار الماء فيه . وتستمد الاضطرابات الجوية معظم طاقتها من تكاثف بخار الماء الموجود فيها ، ومنها أعاصير الهاريكين والتورنادو . ولهذا فانها تضعف ثم تتلاشى بتدخلها فى اليابس ، لأنها تفتقر فوقه الى موارد المياه لتعوض ما تفقده عن طريق التساقط الغزير .

### وسائل التعبير عن بخار الماء :

له خصائص معروفة يعبر عنها بوسائل مختلفة ويتم رصدها وقياسها :

#### ١ - ضغط بخار الماء :

يعارس بخار الماء الموجود فى الجو ضغطا يحسب جزءا من الضغط الجوى ، وهو يتناسب تناسبا طرديا مع مقدار ما يوجد منه عالقا بالجو . فكلما ازدادت كمية بخار الماء فى الجو ارتفع ضغطه . ويسمى ضغط بخار الماء فى الجو عند وصوله الى حالة التشبع باسم ضغط بخار الماء التشبعى **Saturation Vapor Pressure** وحى الحالة التى عندها لا يستطيع الهواء أن يتحمل بعدها أية كمية اضافية ، فيصير مشبعا تماما . وتزداد مقدرة الهواء على حمل بخار الماء كلما ارتفعت درجة حرارته . ولهذا فان ضغط بخار الماء التشبعى يزيد بارتفاع درجة الحرارة . مثال ذلك يصل الضغط التشبعى الى نحو ١٢ر٢٥ ملليبارا عندما تكون درجة حرارة الجو ١٠ درجة مئوية ، ويصبح نحو ٨٨ ملليبارا عندما تكون درجة الحرارة حوالى ٤٣ درجة مئوية . وتستخدم وحدة قياس الضغط الجوى العادى للتعبير عن ضغط بخار الماء التشبعى أى المليمتر/زئبق أو المليبار .

#### ٢ - الرطوبة النوعية Specific Humidity :

هى عبارة عن نسبة وزن بخار الماء بالجرام لكل كيلو جرام من الهواء . ومن الطبيعى أن وزن بخار الماء يزداد بازدياد كميته الى أن يصل حدا





يصبح الهواء بعده مشبعاً ، فلا يستطيع أن يقبل كمية جديدة من بخار الماء .  
وحيث أن تصل الرطوبة النوعية للهواء الى حد التشبع وتسمى الرطوبة  
النوعية التشبعية ، وهى مثل ضغط بخار الماء التشبعي مقياس لقدرة الهواء  
على حمل بخار الماء ، وهى تتوقف أيضاً على درجة الحرارة . فحينما  
تكون درجة حرارة الجو ٥°م تكون الرطوبة النوعية التشبعية ٦.٨ جرام/كجم ،  
وإذا ارتفعت الحرارة وأصبحت ٣٥°م تصبح ٣٩.٦ جرام/كجم . وينغى  
أن نشير هنا الى أن الرطوبة النوعية تمثل وزن بخار الماء في الهواء الرطب .

### نسبة الخلط :

تختلف نسبة الخلط **Mixing Ratio** عن الرطوبة النوعية ، في أنها  
تمثل وزن بخار الماء الذى يوجد في الهواء الجاف . وتستخرج النسبة بقسمة  
وزن بخار الماء على وزن الهواء الجاف أى بعد أن يطرح منه وزن بخار  
الماء . والفرق لا يكون كبيراً بين الرطوبة النوعية ونسبة الخلط لأن بخار  
الماء قليل في الغلاف الجوى بصفة عامة .

### الرطوبة الكلية :

وتسمى أيضاً الرطوبة المطلقة **Absolute Humidity** ، وتقدر بوزن بخار  
الماء الموجود في وحدة حجم معينة من الهواء ، وعادة بالجرام في كل متر  
مكعب من الهواء . وتعتمد الرطوبة الكلية التشبعية على درجة الحرارة  
أيضاً ، مثلها في ذلك مثل الرطوبة النوعية وضغط بخار الماء .

وهى لا تستخدم كثيراً في التعرف على حالة رطوبة الجو ، لأن حجم  
الهواء يتغير كثيراً بالتمدد والانكماش . فهو حين يرتفع يبرد فينكمش  
فتزداد الرطوبة المطلقة دون أن تطرأ أية زيادة في كمية بخار الماء فيه .  
وحيث يهبط تزداد درجة حرارته فيتمدد ، وبالتالي تنقص رطوبته الكلية  
دون أن يكون قد فقد شيئاً من بخار الماء الموجود فيه .

### الرطوبة النسبية :

الرطوبة النسبية **Relative Humidity** هى النسبة المئوية بين كمية بخار  
الماء الموجودة في وحدة حجم معينة من الهواء وبين كمية بخار الماء اللازمة  
لتشبع نفس الحجم من الهواء وهو في نفس درجة الحرارة ، وبذلك تختلف  
عن الرطوبة الكلية التى تقيس كمية بخار الماء الموجودة في الهواء فعلاً .

فاذا قلنا ان الرطوبة النسبية للهواء ٥٠% فأننا نعنى أن كمية بخار  
الماء الموجودة فيه تعادل نصف الكمية التى يحملها عندما يكون مشبعاً .  
ويقال ان الهواء جاف اذا انخفضت رطوبته النسبية الى ما دون ٥٠% ،  
بينما يعتبر متوسط الرطوبة اذا كانت رطوبته النسبية بين ٥٠ - ٧٠% ،  
ويعتبر عالى الرطوبة اذا زادت النسبة عن ٧٠% .



وتقل الرطوبة النسبية في الهواء بارتفاع حرارته ، وتزداد بانخفاضها  
مثال ذلك :

هواء رطوبته الكلية ٥٠ جراما ، ويستطيع نفس الهواء وهو في نفس درجة الحرارة أن يحمل ١٠٠ جرام ، فإن رطوبته النسبية تكون :

$$\%50 = \frac{100 \times 50}{100}$$

فإذا ارتفعت حرارة هذا الهواء ، زادت قابليته لحمل بخار الماء ، وتصبح ١٢٠ جراما بدلا من ١٠٠ جرام ، وبذلك تصبح رطوبته النسبية :

$$\%41.66 = \frac{100 \times 50}{120}$$

أما إذا انخفضت درجة الحرارة فإن الهواء ينكمش وتقل قابليته على حمل بخار الماء وتنخفض إلى ٨٠ ، ولذلك تصبح رطوبته النسبية :

$$\%62.5 = \frac{100 \times 50}{80}$$

وإذا فرضنا وانخفضت درجة الحرارة حتى يصبح بخار الماء الذي يحمله الهواء فعلا معادلا للمقدار الذي لا يستطيع الهواء حمل أكثر منه فإن الرطوبة النسبية تصبح ١٠٠٪ :

$$\%100 = \frac{100 \times 50}{50}$$

وحينئذ نقول ان الهواء قد وصل الى حالة التشبع .

هذا ويمكن استخدام أى من المعادلات الآتية لحساب الرطوبة النسبية :

$$١ - \text{الرطوبة النسبية} = \frac{\text{ضغط بخار الماء التشبعي}}{\text{ضغط بخار الماء الحقيقي}} \times 100$$

$$٢ - \text{الرطوبة النسبية} = \frac{\text{الرطوبة النوعية}}{\text{الرطوبة النوعية التشبعية}} \times 100$$

$$٣ - \text{الرطوبة النسبية} = \frac{\text{معدل الخلط}}{\text{معامل الخلط التشبعي}} \times 100$$

$$٤ - \text{الرطوبة النسبية} =$$

ضغط بخار الماء عندما تكون درجة الحرارة تساوي نقطة الندى  
ضغط بخار الماء الاشباعي الذي يتناسب مع الحرارة الفعلية للهواء

نقطة الندى Dew Point :

هى تعبير عن درجة الحرارة التى يصل عندها الهواء الى حالة التشبع ،





وهي الدرجة التي اذا انخفضت درجة حرارة الهواء الى أقل منها ، فانه لا يقدر على حمل كل ما به من بخار ماء فيتكاثف القسم الزائد منه من الحالة الغازية الى حالة أخرى من حالات التكاثف سائلة أو صلبة تبعا لنقطة الندى . فاذا كانت صفرا أو أقل من الصفر ، كان التكاثف ثلجا أو بردا ، واذا كانت نقطة الندى أعلى من الصفر كان التكاثف سائلا كالضباب أو الندى أو المطر . ويشترط في تبريد الهواء حتى يصل الى نقطة الندى أن لا يتغير ضغطه الجوى ، أى يبقى على نفس المستوى فلا يرتفع الى أعلى .

### دورة الرطوبة اليومية والفصلية وتوزيعها الجغرافى :

عندما ترتفع درجة الحرارة تنخفض الرطوبة النسبية ، والعكس صحيح ، أى أن العلاقة بين رطوبة الهواء ودرجة حرارته علاقة عكسية . وتتأثر الرطوبة النسبية تبعا لذلك بعاملين هما :

- ١ - درجة الحرارة .
- ٢ - كمية بخار الماء فى الجو .

ففى الأيام التى يكون الجو فيها هادئا خاليا من وصول كتل هوائية تكون الدورة اليومية للرطوبة النسبية معاكسة لدورة الحرارة اليومية . بمعنى أن الوقت الذى تشتد فيه حرارة النهار تقل رطوبته النسبية ، والعكس صحيح . وتبعا لذلك فإن ساعات الصباح المبكر تشهد رطوبة نسبية مرتفعة ، ثم تأخذ الرطوبة النسبية فى الانخفاض التدريجى مع شروق الشمس ، وارتفاع الحرارة حتى تبلغ أدناها مع أقصى درجات الحرارة فيما بعد الظهر ، ثم تبدأ فى الارتفاع التدريجى مع انخفاض درجات الحرارة فى المساء وأثناء الليل حتى ساعات الصباح المبكر التالى حين تصل أقصاها قبل أن تشرق الشمس .

وترتفع الرطوبة النسبية فى المناطق الاستوائية طوال العام ، أما فى المناطق المدارية الرطبة والجهات البحرية فإن الرطوبة النسبية ترتفع فى الصيف عنها فى الشتاء . وفى المناطق المعتدلة ترتفع الرطوبة النسبية فى الشتاء الماطر عنها فى الصيف الجاف .

ومن الواضح أن الرطوبة النسبية تبلغ أقصاها فى الجهات الاستوائية وتتناقص بالتدرج باتجاه الشمال والجنوب مع درجات العرض حتى تصل أدناها فى المناطق المدارية الجافة فى غربى القارات حيث الهواء الهابط . ثم تعود الى الارتفاع فى المناطق المعتدلة حيث يساعد انخفاض درجة الحرارة شتاء وارتفاع الهواء الى أعلى بتأثير الجبهات والمنخفضات الجوية . كما ترتفع فى الأقاليم الموسمية صيفا .

### قياس التبخر :

عرفنا ما للتبخر وبخار الماء من أهمية بالغة ، لهذا يعنى بدراسته

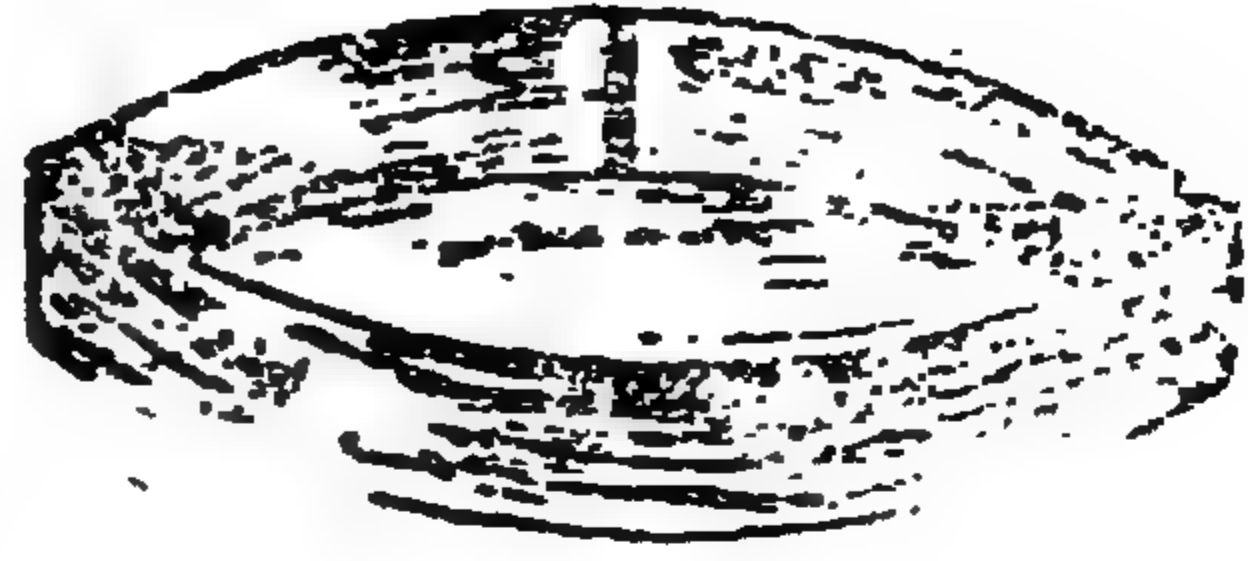


وقياسه المشتغلون بعنوم شتى منها علوم المناخ والنبات وعندسة المياه .  
ويقاس التبخر بواسطة أجهزة خاصة أهمها جهازان هما :

- ١ - جهاز ويلد Wild .
- ٢ - جهاز بيش Piche .

### والجهاز الأول :

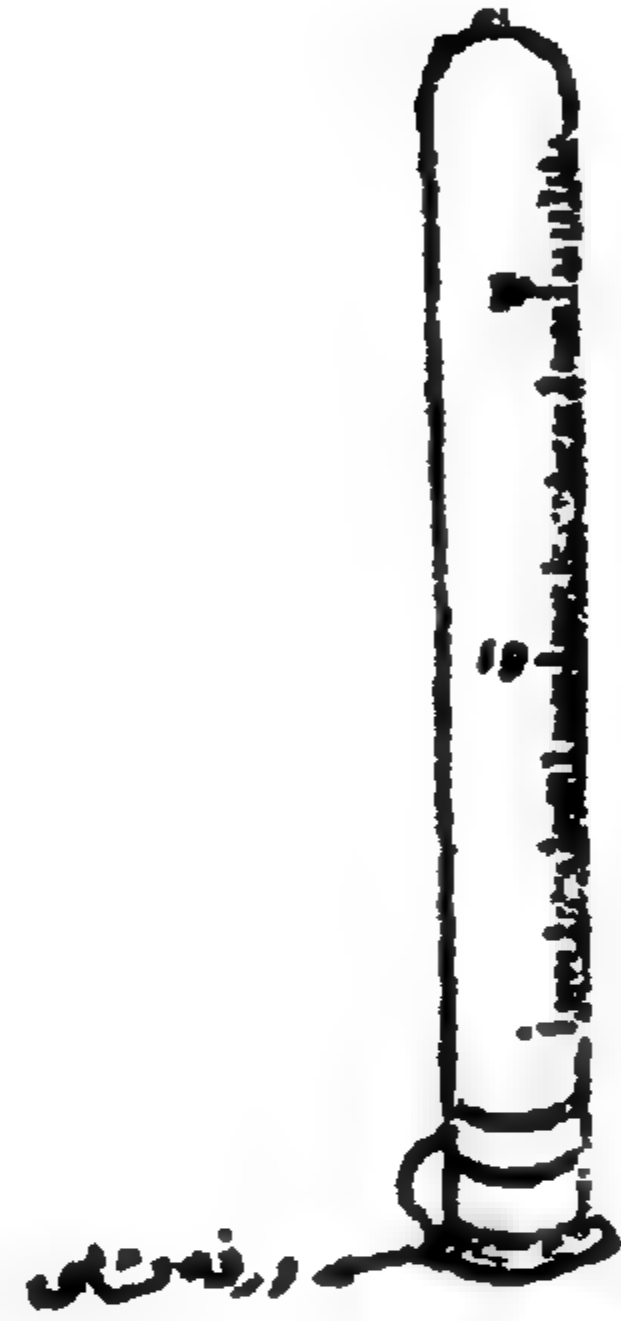
عبارة عن حوض يعرض للجو مباشرة ، وهو مملوء بالماء ومدرج في أحد جوانبه ، ويبلغ اتساع هذا الحوض ١٨٠ سنتيمترا مربعا ، وعمقه ٤٦ سنتيمترا ، ويقاس التبخر بمقدار انخفاض الماء في الحوض شكل (٦٥) .



جهاز ويلد

### أما الجهاز الثانى :

فهو عبارة عن أنبوبة زجاجية مدرجة ، وأحد طرفيها مغلق ، والآخر مفتوح ، تملأ بالماء وتوضع منعكسة ، بحيث يكون الطرف المفتوح الى أسفل ويثبت على الفوهة قطعة من ورق النشاف بواسطة ماسك معدنى . ونتيجة لتعرضها لأشعة الشمس فإن الماء يتبخر من سطح ورقة النشاف التى تمتص الماء



جهاز بيش

شكل رقم (٦٥)  
أجهزة قياس التبخر

من الانبوبة فينخفض ارتفاع الماء بها . فمثلا اذا كان طول الانبوبة ٢٤ سم ، ومملوءة بالماء كلية ، ووضعت في الوضع الصحيح لها ، وبعد مدة قدرها ساعة مثلا وجد ان الماء في الانبوبة انخفض الى ٢٣ر٤ سم ، فإن مقدار التبخر سيكون ٢٤ر٠٠ - ٢٣ر٤ = ٠ر٦ سم ، وهكذا يمكن معرفة مقدار التبخر خلال ساعات اليوم ، ومنه نستنتج المتوسط اليومى للتبخر .

وهناك علاقة وطيدة بين درجة الحرارة والتبخر ، فنلاحظ أن التبخر يزداد دائما في أشهر الصيف عنه في أشهر الشتاء . ومن الثابت أيضا أن التبخر يتناقص بصفة عامة كلما بعدنا عن خط الاستواء شمالا أو جنوبا ، كما يتناقص أيضا كلما زاد الارتفاع عن سطح البحر بسبب انخفاض درجة الحرارة بالارتفاع أيضا .





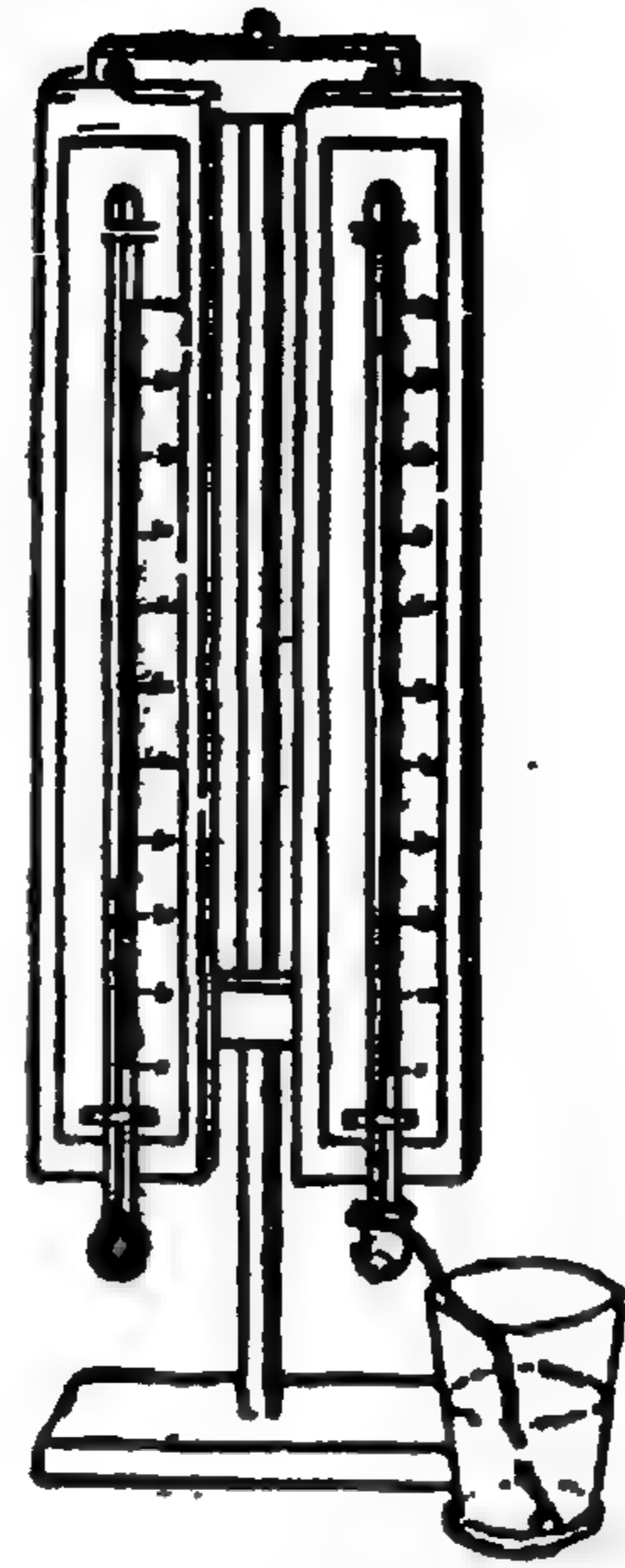
## قياس الرطوبة وتسجيلها :

تقدر نسبة الرطوبة في الجو بواسطة :

- ١ - الهيجرومتر : للقياس .
- ٢ - الهيجروجراف : للتسجيل .

ويتكون الجهاز الاول كما في شكل (٦٦) عن : ترمومتريين ، أحدهما جاف والاخر مبلل .

ويعين الترمومتر المبلل درجة حرارة أقل من درجة حرارة الترمومتر الجاف ، وسبب ذلك أن التبخر حول الفقاعة المبللة يؤدي الى انخفاض درجة الحرارة في الترمومتر ، ويزيد هذا التبخر أو ينقص حسب مقدار رطوبة الهواء .



شكل رقم (٦٦)  
جهاز الهيجرومتر

ويتركب جهاز الهيجروجراف الذي يسجل الرطوبة النسبية في الجو تلقائيا من : (شكل رقم ٦٧) .

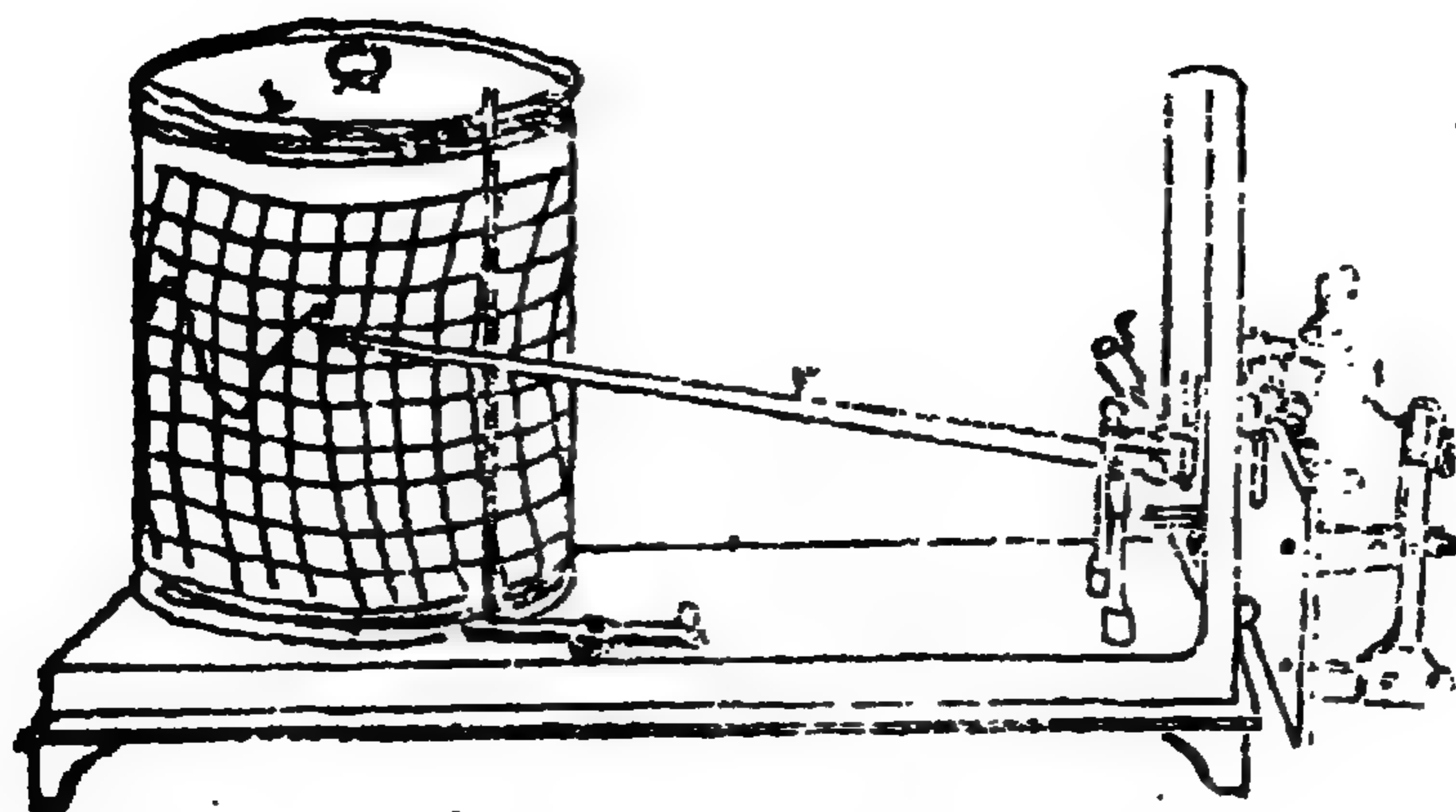
- ١ - خصلة من شعر الانسان تتأثر بالرطوبة فتتمدد بزيادة الرطوبة وتنكمش بقلتها .
- ٢ - مجموعة روافع تنقل حركتى التمدد والانكماش من خصلة الشعر الى الذراع المتصل بها .
- ٣ - ذراع نهاية طرفه ريشة تتحرك الى أعلى وأسفل .
- ٤ - أسطوانة معدنية تدور حول نفسها بواسطة ساعة دورة كاملة كل أسبوع .
- ٥ - يلف حول الأسطوانة ورقة بيانية ترسم عليها الريشة خطا بيانيا لنسبة الرطوبة في الهواء طوال الأسبوع .

## كيفية قراءة الهيجرومتر :

لايجاد نسبة الرطوبة في الجو تتبع الخطوات الآتية :

- ١ - نقرأ درجة الحرارة التى يعينها الترمومتر المبلل ولتكن مثلا ١٠°م .
- ٢ - نقرأ درجة الحرارة التى يعينها الترمومتر الجاف ولتكن مثلا ١٣°م .





شكل رقم (٦٧) الهيجروجراف (مسجل الرطوبة)

٣ - نرجع الى جداول خاصة شكل رقم (٦٨) فنجد ان الرقم المقابل لهاتين الدرجتين هو ٦٦ وهو النسبة المئوية للرطوبة في الهواء .

كيفية اعداد الهيجروجراف للاستعمال :

يتبع في اعداد الهيجروجراف للاستعمال نفس الخطوات التي اتبعت في اعداد جهازى الترموجراف والباروجراف .

درجة الحرارة في الهواء بالسلسيوس	٥	٦	٧	٨	٩	١٠	١١	١٢	١٣	١٤	١٥	١٦	١٧	١٨
٥	١٠٠	٨٥	٧١	٥٩	٤٨	٣٩	٣٠	٢٢	١٦	١٠	٣	—	—	—
٦	—	١٠٠	٨٥	٧٢	٦١	٥٠	٤١	٣٣	٢٥	١٨	١٢	٦	٢	—
٧	—	—	١٠٠	٨٦	٧٢	٦٢	٥٢	٤٢	٣٥	٢٨	٢١	١٥	١٠	٥
٨	—	—	—	١٠٠	٨٧	٧٤	٦٣	٥٤	٤٥	٣٧	٣٠	٢٤	١٨	١٣
٩	—	—	—	—	١٠٠	٨٧	٧٥	٦٥	٥٥	٤٧	٣٩	٣٢	٢٦	٢٠
١٠	—	—	—	—	—	١٠٠	٨٧	٧٦	٦٦	٥٧	٤٩	٤١	٣٥	٢٨
١١	—	—	—	—	—	—	١٠٠	٨٩	٧٧	٦٧	٥٨	٥٠	٤٣	٣٦
١٢	—	—	—	—	—	—	—	١٠٠	٨٩	٧٨	٦٨	٥٩	٥٢	٤٤
١٣	—	—	—	—	—	—	—	—	١٠٠	٩٠	٧٤	٦٩	٦١	٥٣
١٤	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	٨٩	٧٩	٧٠	٦٢
١٥	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	٨٩	٨٠	٧١

شكل رقم (٦٨) جزء من جدول الرطوبة





## الفصل التاسع

### التكاثف وأشكاله

- التكاثف ومظاهره .
- عوامل حدوث التكاثف .
- نويات التكاثف .
- أشكال التكاثف قرب سطح الأرض وعلى السطح :
- الضباب : العوامل المساعدة على تكوينه ، أنواع الضباب ،  
التوزيع الجغرافي للضباب ، مزايا الضباب ومساوئه .
- الندى : تعريفه ، شروط تكوينه ، أهميته .
- الصقيع : تعريفه ، كيفية تكوينه ، أنواعه .



## التكاثف ومظاهره :

إذا كان الهواء لا يستطيع أن يتقبل ويحتوى أكثر مما به من بخار الماء ، يقال ان الهواء مشبع بالرطوبة . فإذا انخفضت درجة حرارة الهواء الى ما دون درجة الندى ، فان بخار الماء الموجود به يبدأ فى التكاثف . والتكاثف **Condensation** عبارة عن تحول بخار الماء الموجود بالجو من حالة غير مرئية الى حالة يمكن رؤيتها ، من ذلك تحوله الى قطرات مائية صغيرة جدا تبقى عالقة فى الجو نشاهدها فى هيئة سحب ، أو الى قطرات صغيرة من الماء كما هو الحال فى المطر ، أو الى بلورات متجمدة كما هو الحال فى الثلج والبرد .

## عوامل حدوث التكاثف :

يمكن اجمال العوامل التى تؤدى الى خفض درجة حرارة الهواء الى ما دون درجة الندى وحدث التكاثف فيما يلى :

١ - فقدان الهواء لحرارته بالإشعاع - أثناء الليل نتيجة لانتشاره وتمددده .

٢ - فقدان الحرارة من سطح الأرض بالإشعاع أيضا ، فتبرد طبقة الهواء الملاصقة لهذا السطح ، وتنتقل البرودة منها الى الطبقة التى تعلوها .

٣ - هبوب الرياح المحملة ببخار الماء من جهات دفيئة الى جهات أبرد .

٤ - ارتفاع التيارات الهوائية الساخنة الرطبة الى أعلى ، فتتسبب فى تكوين السحب ثم سقوط المطر .

٥ - مرور هواء ساخن محمل ببخار الماء فوق أسطح الغطاءات الجليدية أو فوق تيار مائى بحرى بارد .

٦ - اعتراض المرتفعات لمرور الرياح المحملة ببخار الماء ، فتضطر الى الصعود فوق سفوحها فتبرد ، وتسقط ما بها من رطوبة .

٧ - حينما تتقابل كتل هوائية تختلف فى خصائصها من حيث الحرارة مع احتوائها على الرطوبة ، فيصعد عواء الكتل الدافئة فوق هواء الكتل الباردة ، فيبرد ويتكاثف ما به من بخار ماء .



111

112

113

114

## نويات التكاثف :

عرفنا أنه لكي يحدث التكاثف لابد من انخفاض درجة حرارة الهواء الى ما دون نقطة الندى . وقد تبين أن هناك عاملاً آخر يعد أساسياً لحدوث التكاثف يتمثل فيما يسمى «نويات التكاثف» ومدى توافرها في الجو . ذلك أن التكاثف لا يتعم بسهولة في الهواء النقي الخالي من الشوائب ، فقد تصل الرطوبة النسبية الى ٤٠٠٪ وأكثر قبل أن يبدأ بخار الماء الموجود في الهواء في التكاثف ، وإن كان في الواقع لا يحدث في الجو ، بل الذي يحدث أن يبدأ التكاثف حتى قبل أن يصل الهواء الى درجة التشبع . والسبب في ذلك وجود نويات التكاثف التي من حولها يتكاثف بخار الماء الموجود بالهواء .

وقد تبين مؤخراً أن ذرات الغبار والأتربة والرمال الدقيقة العالقة بالجو والتي توجد به بكميات كبيرة ، ليست فعالة في أحداث التكاثف مثل «نويات التكاثف المتميعة» *Hydroscopic Nuclei* . وعلى عبارة عن جسيمات صغيرة جداً من الأملاح والأحماض المنتشرة في الجو ، وتتألف غالباً من مواد متميعة تقبل امتصاص بخار الماء ، وأهمها كلوريد الصوديوم أو ملح الطعام، الذي يتطاير في الغلاف الجوي بكثرة بسبب توالى انفجار فقاعات المياه من أمواج البحار والمحيطات ، ويكثر وجود هذه النويات في المناطق الساحلية بطبيعة الحال ، فالبحار والمحيطات هي المصدر الرئيسي لها .

وتتألف النويات المتميعة في مناطق العمران من كلوريد الكالسيوم والغازات والأحماض التي تذوب في الجو المشبع ببخار الماء وتكون نويات متميعة مثل الكبريتات والكربونات التي تتكون من اذابة ثاني أكسيد الكربون في جزيئات بخار الماء .

من هذا نرى أن نويات التكاثف تختلف عن بعضها من حيث نوعيتها وطبيعتها ، ومن ثم قدرتها على الاسراع في اتمام التكاثف ، وأن أهمية الشوائب الصلبة مثل الغبار رغم كثرتها في الجو كنويات لتكاثف بخار الماء تقل كثيراً عن أهمية الأملاح والأحماض . ذلك أن الشوائب الصلبة تحتاج أن يصل الهواء درجة مرتفعة من التشبع لكي يبدأ تكاثف بخار الماء حولها ، بينما لا تحتاج نويات التكاثف المتميعة من الأملاح والأحماض الى درجة تشبع أقل من هذا بكثير ، لأنها تقبل امتصاص بخار الماء بسرعة وتذوب فيه ، مكونة لمحاليل تقوم بوظيفة نويات مستجدة لتكثيف بخار الماء . ولقد ثبت أن التكاثف يبدأ حول نويات مكونة من ملح الطعام عندما تصل الرطوبة النسبية ٧١٪ فقط .



وفضلا عن أهمية نويات التكاثف المتميعة في أن بخار الماء يتكاثف عليها قبل وصول الهواء درجة التشبع ، فانها تساعد أيضا على بقاء قطيرات الماء الموجودة في مستويات الهواء العليا سائلة ، رغم انخفاض درجات الحرارة عند تلك المستويات العليا الى ما دون درجة التجمد . ويرجع سبب ذلك الى أن درجة تجمد السوائل المائية التي تنشأ عن ذوبان تلك الأملاح والحوامض في الهواء الرطب أقل من درجة التجمد العادية للماء . وقد أمكن مشاهدة قطرات مائية سائلة في هواء درجة حرارته أقل من ٢٥ درجة مئوية تحت الصفر .

أما في حالة التكاثف حول النويات الصلبة (غبار وأتربة) فانه اذا كانت نقطة الندى صفرا أو أقل من الصفر فان تكاثف بخار الماء حولها يتم مباشرة في شكل صفائح ثلجية تنمو بازدياد التكاثف .

وتختلف نويات التكاثف سواء كانت صلبة أو مائعة عن بعضها في الحجم كما تتباين في النوع . فبعضها دقيق صغير الحجم جدا لا يصلح للتكاثف ، وهذه يقل قطرها عن جزء من ألف جزء من المايكرون . أما النويات النشطة الفعالة في تكاثف بخار الماء والتي يغلب وجودها في الجو فهي التي يبلغ قطرها المايكرون . وكلما زادت أحجام النويات كلما ارتفعت فاعليتها في اتمام عملية التكاثف .

### أشكال التكاثف :

يتخذ تكاثف بخار الماء حول نويات التكاثف أشكالا مختلفة تبعا لعاملين هما :

#### ١ - درجة حرارة نقطة الندى :

اذا كانت مرتفعة عن الصفر المئوي يتخذ التكاثف شكل ضباب أو ندى أو سحب أو مطر ، أما اذا كانت منخفضة عن الصفر فان التكاثف يصبح في شكل ثلج أو برد أو صقيع .

#### ٢ - المنسوب الذي يحدث عنده التكاثف :

فاذا حدث التكاثف قرب سطح الأرض أو على سطح الأرض مباشرة ، تكون الضباب والندى والصقيع ، أما اذا تكاثف بخار الماء في طبقات الجو العليا فانه يتخذ شكل سحب ومطر وثلج وبرد .

وفي هذا الفصل ندرس أشكال التكاثف قرب سطح الأرض وعليه ، وفي الفصل التالي أشكال التكاثف في طبقات الجو العليا .





## أشكال التكاثف قرب سطح الأرض وعلى السطح (الضباب ، الندى ، الصقيع)

### الضباب :

يتكون الضباب حينما يتكاثف بخار الماء الموجود في الهواء بالقرب من سطح الأرض ، على شكل قطيرات مائية صغيرة جدا لا يزيد قطر كل قطيرة منها عن مائة مايكرون . ونظرا لصغر أحجام تلك القطيرات فانها تظل عالقة في الجو ، مما يقلل من مدى الرؤية ، ويشكل خطورة على سلامة حركة الطائرات ووسائل النقل البري .

وهناك عدد من العوامل التي تساعد على تكوين الضباب نجملها فيما يلي :

١ - ارتفاع الرطوبة النسبية في الهواء القريب من سطح الأرض .  
ولهذا يكثر حدوثه في المناطق التي تتوفر فيها مصادر المياه كالسواحل والمناطق التي تكثر بها النباتات والمزروعات .

٢ - وفرة نويات التكاثف المتميعة .

٣ - صفاء الجو ، وقلة السحب كي ينطلق الاشعاع الأرضي اثناء الليل ويتبدد ، فيبرد سطح الأرض والهواء الملامس له مما يساعد على تكون الضباب .

٤ - هدوء حركة الهواء أفقيا ورأسيا على أن لا تتبدد برودة الهواء وتنتشر في سمك كبير من الهواء ، فلا يتمكن الضباب من التكون .

هذا وعندما يكون الضباب كثيفا فانه يشكل عقبة في سبيل المواصلات . ورغم استخدام الرادار الذي يساعد الطائرات على الهبوط مع انعدام الرؤية Blind Landing ، ويعاون السفن على دخول الموانئ ، فان كثيرا من الحوادث يقع للطائرات والسفن . كما تكثر حوادث تصادم السيارات على مختلف الطرق في الأيام التي يكثر فيها الضباب . ويمكن التمييز بين الضباب Fog الذي يحدث عندما يقل مدى الرؤية عن ألف متر ، وبين الشبورة أو الضباب الخفيف Mist حينما يزيد مدى الرؤية عن ألف متر .

### أنواع الضباب :

يقسم الضباب الى أنواع حسب الظروف والعوامل التي تساعد على تكوينه ، وفيما يلي وصف لتلك الأنواع :

١ - ضباب الاشعاع Radiation Fog :

يسمى أيضا ضباب البر أو ضباب اليابس Land or Ground Fog



تميزاً له عن الضباب الذى يتكون فوق المسطحات البحرية . وهو أكثر أنواع الضباب شيوعاً . وينشأ بسبب فقدان سطح اليابس حرارته بالإشعاع ليلاً ، ومن ثم يبرد الهواء الرطب القريب من سطح اليابس مكوناً الضباب ، ويكثر حينما تكون السماء صافية وخالية من الغيوم ، وحينما تكون الرياح هادئة ، ويتلاشى بعد شروق الشمس بساعة أو ساعتين .

ويكثر ضباب البر أو ضباب الإشعاع فى فصلى الشتاء والخريف ، وذلك فى العروض الوسطى المعتدلة والعروض العليا الباردة .

## ٢ - ضباب المدن Town Fog :

ينتمى ضباب المدن الى نوع ضباب الإشعاع . ويكون أكثر كثافة فى ضواحي المدينة منه فى قلبها ، لأن اضطراب الهواء وعدم استقراره وارتفاع حرارته فى وسط المدينة يجعله أقل تشبعاً مما يقلل من فرص تكون الضباب . وضباب المدن الكبرى الصناعية يكون كثيفاً ثقيلًا مشبعاً بالأتربة والشوائب والدخان ، وترتفع فيه نسبة ثانى أكسيد الكربون وثانى أكسيد الكبريت الذى يذوب مكوناً لحامض الكبريتيك . ومثل هذا الضباب الملوّث هو الذى أدى الى هلاك نحو أربعة آلاف نسمة من سكان مدينة لندن فى عام ١٩٥٢ ، ويطلق عليه هناك اسم الضباب الملوّث أو الأسود أو الدخانى Dirty Fog or Smog وهو لا يتأثر بشروق الشمس ولا بسقوط الأمطار ، ويستمر أياماً متعددة ، ويسمى أحياناً بالضباب الكيميائى .

## ٣ - ضباب الانتقال الأفقى للهواء :

يعرف الضباب المتنقل Advection Fog أيضاً باسم ضباب البحر Sea Fog لأنه يكثر فوق المسطحات المائية . ويتكون حينما ينتقل هواء دافئ رطب فوق مياه باردة نسبياً ، مثلما ينتقل هواء دافئ رطب ويتحرك فوق مياه تيار بحرى بارد . فالضباب الكثيف الذى يتكون حول سواحل نيوفوندىلاند فى شمال شرق أمريكا الشمالية ، هو نتيجة التقاء تيار الخليج الدافئ بتيار لبرادور البارد ، ويبلغ عدد الأيام التى يتكون فيها الضباب الكثيف فى سواحل نيوفوندىلاند ١٥٨ يوماً كل سنة . ويحدث هذا أيضاً فى منطقة جزر اليابان حيث يلتقى تيار كيروسيفو الدافئ مع تيار أوياسيفو البارد المياه .

وما يحدث فى شرقى القارات (أمريكا الشمالية وآسيا) يجد له شبيهاً فى غرب القارات فى النطاق المدارى حيث يكثر هذا النوع من الضباب على امتداد سواحل غرب أفريقيا حيث يمر تيار كناريا البارد بسواحل المملكة المغربية وموريتانيا ، وغرب أمريكا الشمالية حيث يمر تيار كاليفورنيا البارد ، وسواحل أمريكا الجنوبية حيث يمر تيار بيرو البارد ، وسواحل جنوب غرب أفريقيا حيث يمر تيار بنجويلا البارد .





ويلعب نسيم البحر دورا في تنشيط ضباب الانتقال الأفقى ودفعه نحو داخل اليابس ، وبوجه خاص اذا ما كانت الظروف الجوية مناسبة لتكون ضباب البر أو الضباب الاشعاعى ، ويسمى هذا الضباب بالضباب المتنقل الاشعاعى ، ومثله ضباب الشتاء فى سواحل الخليج العربى ، الذى تدفعه الرياح الشمالية نحو الداخل ، ويبلغ عدد الأيام التى يتكون فيها مثل هذا الضباب ٣٢ يوما فى الظهران ، و ٢١ يوما فى أبو ظبى .

#### ٤ - ضباب الجبهات الهوائية Frontal Fog :

يكثر حدوث هذا الضباب فى الشتاء فى مناطق العروض الوسطى والعليا على السواء ، لكن حدوثه يقتصر على نطاقات محدودة يصل عرضها الى نحو مائة أو مائة وخمسون كيلو مترا . وهو ينشأ فى مقدمة الجبهة الدافئة أو حول الامتلاء فى الانخفاض الجوى . ويغلب حدوثه عندما يكون الفرق كبيرا بين حرارة كل من الهواء الدافئ والهواء البارد . ويعزى تكونه الى تكاثف الرطوبة من الهواء الدافئ العلوى وهبوطها الى الهواء البارد من أسفله فترتفع رطوبته النسبية وينشأ الضباب .

#### ٥ - ضباب التبخر :

يرجع سبب تكون ضباب التبخر Evaporation Fog الى تبخر مياه بحار دفيئة واقعة فى العروض المعتدلة بواسطة كتل هوائية باردة تمر فوقها ، فيتشبع هذا الهواء البارد ببخار الماء .

وتحدث نفس الظاهرة فى جهات احر من ذلك ، لكن فى فصل الشتاء على الخصوص ، كما فى جنوب شرق الصين حيث تخرج من داخلية الصين تيارات هوائية باردة الى بحر الصين ذى المياه الدافئة فيتشبع ببخار الماء الذى يظهر فى شكل ضباب . ومثل هذا يحدث أيضا فى جنوب شرق الولايات المتحدة الأمريكية حينما تخرج تيارات هوائية باردة شتوية من الداخل وتهب فوق مياه تيار الخليج الدافئة فتتحمل بالرطوبة التى تظهر فى هيئة الضباب .

ويتكون ضباب التبخر أيضا فوق المسطحات المائية الداخلية أيضا كما هو الحال فوق نطاق البحيرات العظمى بالولايات المتحدة الأمريكية .

#### ٦ - ضباب أضداد الأعاصير :

عندما يرابض ارتفاع جوى فوق منطقة معينة فى فصل الشتاء ، يتكون ضباب كثيف قد يستمر أحيانا يوما كاملا . وسبب نشأة هذا النوع من الضباب هو ركود الهواء وانخفاض الحرارة مع توفر الرطوبة ، ولا ينقشع هذا الضباب بشروق الشمس ، كما أنه قد يتكون فى أى وقت من نهار اليوم أو ليله .



## ٧ - ضباب التضاريس :

يحدث ضباب التضاريس Orographic Fog أو الضباب الطبوغرافي Topographic Fog في المناطق الجبلية التي تتناوبها الجبال والوهاد والوديان وهو من نوعين هما :

### ضباب السفوح الجبلية وضباب الوديان :

#### أما ضباب السفوح الجبلية Upslope Fog :

فيكون عندما يضطر الهواء الرطب المستقر الى صعود نطاق جبلي حيث يتعرض للتبريد ، فيتكاثف بخار الماء الموجود به في شكل ضباب يغطي المنحدرات العالية والقمم الجبلية . ويكثر على السفوح المواجهة لهبوب الرياح بطبيعة الحال ، وتزداد كثافته بالارتفاع نحو قمم الجبال .

ويتكون ضباب الوديان والاحواض والمنخفضات نتيجة لتراكم الهواء البارد الرطب في قيعانها أثناء الليل ، وتزداد كثافته اذا كانت الأحوال الجوية مناسبة لتكون الضباب الاشعاعي .

### التوزيع الجغرافي للضباب :

يتوزع تكون الضباب على سطح الكرة الأرضية حسب نوعه وأسباب حدوثه . وهو يكثر وتزداد كثافته وتعدد أيام حدوثه في السنة في مناطق معلومة أهمها النطاقات الساحلية في شرقى القارات وغربها حيث تتقابل تيارات مائية باردة باخرى دافئة . ويتراوح عدد أيام حدوث الضباب في تلك المناطق بين ٦٠ - ٨٠ يوما مثلما في شمال شرق أمريكا الشمالية ، وبين ٤٠ - ٦٠ يوما مثلما في شمال غرب أوروبا .

ويقل حدوث الضباب في المناطق الجافة بداخلية قارات آسيا وأفريقيا وأستراليا ، حيث يتراوح عدد أيام حدوث الضباب بين ٥ - ٢٠ يوما يتكون فيها الضباب في الصباح المبكر ، وصرعان ما ينقشع عقب شروق الشمس .

### مساوئ الضباب ومزاياه :

للضباب مساوئ معروفة على حركة النقل والمواصلات . وتشكل كثرة الضباب وكثافته عبئا اقتصاديا على بعض الدول خاصة منها الدول الصناعية ، لأنه يتطلب انارة تستمر أحيانا طوال النهار ، وتعظم الخسائر الناجمة عن حوادث المرور بسببه سواء داخل المدن ، أو على مختلف الطرق التي تصل بينها ، وحوادث الطيران والسفن ، هذا على الرغم من استخدام الطائرات والسفن للرادار مما قلل من تلك الحوادث .

ورغم هذا فان للضباب أهمية في سقاية المزروعات ، اذ أن كثرة الضباب





تعوض قلة المطر . فقد تبين ان ما يستفيدة النبات المزروع من مياه الضباب يوازي ما يسقط على المنطقة ذاتها من مطر مثال ذلك منطقة مرتفع تيبول Table بجمهورية جنوب أفريقيا الذي يصيبه من مياه الضباب نحو ٣٢ سم وهو قدر يزيد على المعدل السنوي للمطار الساقطة فوقه . كما وأن وجود الضباب يعرقل تكون الصقيع الذي يضر المزروعات خاصة منها الخضر وأشجار الفاكهة .

### الندى :

**الندى Dew** عبارة عن قطرات مائية تشاهد في الصباح المبكر لامعة براقعة على أسطح الحشائش وأوراق النباتات والأشجار وأسوار الحدائق وزجاج النوافذ وأسطح المنازل ، وغير ذلك من الاجسام الصلبة الباردة المكشوفة والمعرضة للهواء .

ويتكون الندى نتيجة لتكاثف بخار الماء الموجود في الهواء الملاصق للاجسام الصلبة . ويحدث ذلك عندما تنخفض حرارة تلك الاجسام بالاشعاع الارضى ليلا ، وتهبط الى نقطة الندى في الهواء الرطب الملامس لها . ويظهر الندى في الصباح المبكر ، لكنه سرعان ما يتبخر بالتبخر في أعقاب شروق الشمس .

### شروط تكون الندى :

- ١ - صفاء الجو وخلوه من السحب اثناء الليل . اذ يعاون ذلك على سرعة تبديد الحرارة بالاشعاع الارضى ، وهبوط حرارة سطح الأرض وما عليه من الاجسام الصلبة المعدنية والزجاجية .
- ٢ - يساعد طول الليل على برودة سطح الأرض ، ومن ثم اتاحة الفرصة لوصول الهواء الملامس لسطح الأرض للوصول الى نقطة الندى .
- ٣ - استقرار الهواء وهدوئه ، حتى لا تحمل سرعته على تبريد بخار الماء الموجود في الهواء . لكن ينبغي ان يكون الهواء ساكنا تماما لان ذلك يقلل من فرص تكون الندى .

### اهمية الندى :

ليس للندى أهمية خاصة في المناطق الرطبة الوفيرة المياه ، لكن أهميته تظهر في المناطق الجافة وشبه الجافة . فهو عامل مهم في انجاح الزراعة البعلية . وقد اهتمدى الى أهمية الندى والافادة منه في مقايمة المزروعات سكان المناطق الحارة الجافة وشبه الجافة منذ زمن طويل ، فابتكروا وسيلة بسيطة لاصطياد الندى وتجميعه وعرقلة تبخره ، فهم يخطون محيط الحقل أو المزرعة بسياج من الأحجار الصغيرة التي يتراكم عليها الندى ويتجمع



اثناء الليل فيما بينها من فراغات ، وقد ينساب في جداول دقيقة ، فيفيد منه النبات وياخذ بعض حاجته من الماء .

ولقد قدر بعض الباحثين المعدل السنوي للندى في بعض جهات ساحل فلسطين بنحو ٢٠ سم ، وفي جهات أخرى من نفس الساحل بحوالى ٦ سم ، ويبلغ المعدل السنوي للندى على ساحل مصر الشمالى بما يزيد على ١٢ سم ، وهو مهم هنا أيضا في امداد الزراعة البعلية ببعض ما تحتاجه من مياه . والندى مهم للغاية في انجاح زراعة البن فوق سفوح هضبة اليمن . ويبلغ المعدل السنوي للندى في الاردن ٢ سم . وقد دلت مختلف الدراسات على أن انتاج المحاصيل يزيد أحيانا الى الضعف في السنين التى يكثُر فيها الندى في الجهات الشبه جافة التى تعتمد على الزراعة البعلية .

ولا تقتصر أهمية الندى على امداد النبات ببعض ما يحتاجه من ماء ، وإنما تتعدها الى حمايته من عملية التبخر والنتح ، اذ ان تكاثف البخار على هيئة قطرات مائية تغطى أوراق النبات يعيق التبخر والنتح ويؤخر حدوثهما ، كما يخفض درجة حرارة الأوراق ويقلل من معدلات فقدانها عن طريق التبخر والنتح .

### الصقيع :

تطلق كلمة صقيع Frost على بللورات صغيرة من الثلج تشاهد في الصباح المبكر على أوراق النبات والاجسام الصلبة وعلى سطح الأرض بصفة عامة ، حيثما انخفضت درجة حرارة الجو ليلا الى درجة التجمد ، فيتحول بخار الماء العالق بالجو الى تلك البللورات الثلجية الدقيقة . والصقيع بذلك يشبه الندى في أمرين : أوقات حدوثه في الصباح المبكر ، ومواضع تكونه على سطح الأرض وأسطح الاجسام الصلبة والنبات ، لكنه يختلف عنه في ان الندى قطرات مائية تحولت من الحالة الغازية الى السيولة ، أما الصقيع فقد يتكون من الحالة الغازية مباشرة الى الحالة الصلبة ، وذلك يحدث كثيرا عندما يكون انخفاض الحرارة سريعا أو فجائيا .

وقد أصبح من المصطلح عليه في الدراسات المناخية اطلاق كلمة «صقيع» على كل انخفاض في الحرارة يصل الى الصفر المئوى سواء صاحب ذلك تكون البللورات الثلجية أم لا ، ويعرف الصقيع الذى لا يصاحبه تكون بللورات ثلجية باسم الصقيع الجاف أو الأسود تميزا له عن الصقيع الأبيض White Frost الذى يقترن بتكوين بللورات ثلجية شفافة . ويمكن القول ان الأيام التى تنخفض فيها درجات الحرارة انخفاضا شديدا وتهبط الى الصفر تحسب من أيام الصقيع ، حتى ولو لم يؤد هذا الانخفاض الى تكوين بللورات من الثلج .





والصقيع من ظواهر الجو الخطرة على النبات ، فهو يسبب كثيرا من الخسائر الزراعية في المناطق المعتدلة والباردة خاصة حينما يكون حادا ، وكثيرا ما نسمع في شتاء مصر عن تآثر الخضر والفواكه بالصقيع ، ويلجأ أصحاب حدائق الاشجار المثمرة الى اشعال عواقد خاصة بين الاشجار لتدفئتها ، اضافة الى ان الدخان المنبعث منها يعرقل تبديد الاشعاع الحرارى الأرضى ، ويحفظ لسطح الارض حرارته حتى لا تنخفض الى الصفر وما دونه .

وينتشر تكوّن الصقيع في المناطق المعتدلة في فصل الشتاء ، ويحدث أحيانا في فصلى الربيع والخريف . أما في الأقاليم الباردة فانه يتكون أيضا في فصل الصيف . وصقيع الربيع أشد خطرا على المزروعات في المناطق المعتدلة من صقيع الشتاء والخريف ، لأنها تأخذ في النمو والازهار في الربيع ، فإذا تكون فوقها الصقيع الأبيض أو الجاف (انخفاض الحرارة الى الصفر) فانه يوقف نموها وربما يهلكها .

هذا ومن الممكن التمييز بين نوعين من الصقيع هما :

صقيع الاشعاع ، وصقيع الريح :

ويحدث صقيع الاشعاع في الصباح (مثل الندى) ، ويغلب على حدوثه الطابع المحلي ، فهو لا يعد من الظواهر المناخية الواسعة الانتشار ، ويساعد على تكونه صفاء الجو وهدوء الرياح وحدوث انقلاب حرارى قوى ، بحيث يصل الفرق في درجة حرارة مستوى سطح الأرض ومستوى ارتفاع ١٦ مترا الى سبع درجات مئوية .

ويساعد حدوث صقيع الاشعاع في مناطق معلومة ظروف محلية تتوفر محليا في بعض الأماكن دون غيرها منها قيعان الوديان والمنخفضات كما أن رطوبة التربة تعيق تكونه بينما تساعد التربة شبة الجافة على حدوثه ، ويتكرر حدوثه أيضا في التربة الرملية أكثر من التربة الطينية ، وفي الأخيرة يزداد حينما تكون مفككة بالجفاف أو الحرث ، لأن ذلك يساعد على فقدان الحرارة منها بالاشعاع بسرعة .

أما صقيع الريح فيتكون حينما يتعرض سطح الأرض لهبوب كتل هوائية باردة تؤثر في الحرارة وتهبط بها الى درجة الصفر ، ويحدث هذا في أى وقت من اليوم ، فلا يقتصر حدوثه في ساعات الصباح المبكر كصقيع الاشعاع ، كما أنه واسع الانتشار بسبب عظم المساحات التى تهب عليها الكتل الهوائية الباردة وتؤثر فيها .



## الفصل العاشر

### السحاب والتساقط

- السحاب :
  - تعريفه ، كيفية تكوينه ، خصائصه ، أهميته .
- قياس التقييم :
  - كيفية القياس .
- أنواع السحاب :
  - ١ - السحاب المرتفع : السحاق ، السحاق الطبقي ، السحاق الركامي .
  - ٢ - السحاب المتوسط الارتفاع : الطبقي المتوسط الارتفاع ، الركامي المتوسط الارتفاع .
  - ٣ - السحاب المنخفض : السحاب الركامي ، سحاب المزن الركامي ، السحاب الطبقي ، السحاب الركامي الطبقي .
- التساقط :
  - العلاقة بين التساقط والسحاب .
- المطر :
  - أهميته ، قياس المطر ، خطوط المطر المتساوي ، كيفية تكون قطرات المطر ، أنواع المطر ، التوزيع الجغرافي لكميات المطر ، العوامل المتحكمة في كميات الأمطار الساقطة . أقاليم توزيع المطر ، نظم المطر .
- خرائط الطقس :
  - جمع بياناتها ، كيفية رسمها ، كيفية توضيح الرياح واتجاهاتها وسرعاتها ، وكيفية توضيح مختلف أنواع التساقط .
- الثلج :
  - خصائصه ، خط الثلج الدائم ، الآثار الايجابية والسلبية للثلوج .



## السحاب والتساقط

درسنا في الفصل السابق أشكال التكاثف التي تحدث قرب سطح الأرض أو عليه مباشرة ، وهى الضباب والندى والصقيع . ونخصص هذا الفصل لدراسة أشكال التكاثف في طبقات الجو العالية وهى السحاب . والتساقط الذى نعى به المطر والثلج والبرد .

### السحاب :

يمثل مظهرا أو شكلا من أشكال تكاثف بخار الماء في طبقات الجو العالية . وهو فى الحقيقة ضباب كثيف ، لكن موضعه يكون عاليا بعيدا عن سطح الأرض .

### كيفية تكوين السحاب :

يتكون السحاب نتيجة لصعود الهواء الرطب الى طبقات الجو العالية ، حيث يتكاثف قسم من بخار الماء الموجود فيه ، ويظل عالقا بالجو . ويصعد الهواء الى أعلى بسبب تيارات الحمل التى تتباين فى سرعة صعودها التى قد تصل الى أكثر من أربعين مترا فى الثانية . وتيارات الحمل مهمة فى تكوين السحاب الركامى Cumulus ، ويظهر أثرها فى هيئة بقع غنية ببخار الماء ، وفيها يعظم التكاثف . ويؤدى وجود الجبال واعتراضها لسير الرياح الى صعود الهواء ، ويدعى هذا بالصعود التضارىسى أو الأوروجرافى .

### خصائص السحاب :

يتألف السحاب من قطرات صغيرة من الماء أو من بلورات الثلج أو من كليهما معا . وينمو السحاب رأسيا الى أعلى ، ويتخذ مظهرا منفوشا حينما يكون صعود الهواء الرطب سريعا ، أما اذا كان صعود الهواء الرطب بطيئا فإن السحاب المتكون يتشكل فى هيئة طبقات بعضها فوق بعض . وقد ينتشر رأسيا فى هيئة طبقة متصلة حينما يكون سبب تكوينه ارتفاع طبقة كاملة من الهواء الرطب ارتفاعا تدريجيا . ويتوقف مدى ارتفاع قاعدة السحاب على المستوى الذى يحدث عنده التكاثف فى الهواء الصاعد ، ويعرف بمستوى التكاثف .

### أهمية السحاب :

ينظم السحاب نفاذ أشعة الشمس الى سطح الأرض ، ويحدد مقدار

ما ينفذ من الاشعاع الحرارى الارضى الى الطبقات العليا من الجو ،  
والسحاب هو المصدر المباشر للتساقط سواء كان مطرا أو ثلجا أو بردا .

وللسحاب اثر مهم فى حياة النبات والحيوان والانسان ، فكثرة احتجاب  
الشمس بواسطة السحاب معظم السنة يؤدى الى الاصابة ببعض الأمراض  
كمرض لين العظام عند الأطفال فى شمال ووسط أوروبا كما يؤدى الى ابطالة  
فصل النمو عند النبات .

### قياس التغير :

يقاس مدى تغطية السماء بالسحاب أو الغيوم عن طريق تقسيم القبة  
السموية بالمشاهدة الى عشرة أقسام متساوية المساحة . ويتم تقدير عدد  
الأقسام التى يغطيها السحاب على وجه التقريب .

□ فإذا كانت السماء مغطاة بنسبة العشر يقال انها صافية Clear .

□ وإذا كانت مغطاة بالعشر الى خمسة أعشار قيل انها مغطاة بسحاب  
مبعثر Scattered .

□ وإذا غطيت بنسبة خمسة أعشار الى تسعة أعشار قيل انها مغطاة  
بسحاب متقطع Broken .

□ وحينما يكون التغير كاملا يقال ان السماء مبلدة بالسحاب Over Cast

وهناك أجهزة خاصة لتسجيل مدة سطوع الشمس وكذلك مدة احتجابها  
اثناء اليوم .

### أنواع السحاب :

اصطلح رجال الرصد الجوى على تصنيف السحب الى ثلاث مجموعات  
رئيسية تبعا لمدى ارتفاعها عن سطح الأرض . وتضم كل مجموعة منها عددا  
من الأنواع التى تختلف فى شكلها وخصائصها وطبيعتها تكوينها . وفيما يلى  
وصف موجز لكل نوع من الأنواع المهمة التى تضمها كل مجموعة .

### السحاب المرتفع :

ويشمل هذا النوع سحب السمحاق والسمحاق الطبقي ، والسمحاق  
الركامى ، وتتكون جميعا على ارتفاعات تزيد على سبعة كيلو مترات من  
سطح الأرض .

### السمحاق Cirrus :

يتكون هذا السحاب فى طبقات الجو العليا ، ويعرف أحيانا باسم القزع ،  
وهو سحاب رقيق يشبه فى شكله القطن المندوف أو زغب الريش ، ولونه

أبيض ناصع . ويتكاثف بخار الماء فيه على شكل بللورات ثلجية . وهو أكثر أنواع السحب ارتفاعا عن سطح الأرض .

#### السمحاق الطبقي Cirro Stratus :

وهو سحب رقيق في بياض اللبن ، يتألف من بللورات ثلجية صغيرة ، ويظهر في شكل طبقة رقيقة متصلة تغطي السماء جميعا أو قسما عظيما منها . وطبقة سحب السحاق من الرقة بحيث لا تحجب الشمس أو القمر ، ويظهر كل منهما خلفه محاطا بهالة من الضوء . ويشير ظهور السحاق الطبقي باقتراب حدوث عاصفة وسقوط أمطار .

#### السمحاق الركامي Cirro-Cumulus :

يتألف هذا السحاب من بللورات ثلجية كروية الشكل أو شرائح ثلجية بيضاء اللون ناصعة . ولا يكون لهذا النوع ظل على الأرض بسبب عظم ارتفاعه وبياض لونه . وقد يصطف السحاق الركامي في هيئة خطوط أو أمواج متراصة متجاورة .

#### السحاب المتوسط الارتفاع :

وهو السحاب الذى يتكون على ارتفاعات تتراوح بين كيلو مترين وسبعة كيلو مترات . وتتألف من بللورات ثلجية وقطيرات من الماء . وتشمل السحاب الطبقي المتوسط الارتفاع ، والسحاب الركامي المتوسط الارتفاع .

#### الطبقي المتوسط الارتفاع Alto-Stratus :

وهو سحب يتكون من طبقات متجانسة ، ذات لون رمادى أو ضارب للزرقة . وكثيرا ما يغطي السماء بكاملها ، وقد تكون طبقاته من الكثافة بحيث تحجب الشمس أو القمر ، أو يظهران من خلفهما بصعوبة وحينئذ قد يحيط بكل منهما هالة من الضوء تتداخل فيها ألوان الطيف .

ويقترن بهذا النوع من السحاب سقوط المطر أو الثلج .

#### الركامي المتوسط الارتفاع Alto-Cumulus :

ويظهر هذا السحاب في شكل كتل منفصلة ، ويشبه مظهرها الخارجى رأس القرنبيط . ويختلف عن السحاق الركامي في أن كتلته تبدو أكبر حجما ، وكثيرا ما يكون لها ظل على الأرض ، وأسفل هذا السحاب يكون ذا لون داكن ، ويشير ظهوره إلى قرب تغير سىء في أحوال الجو .

#### السحاب المنخفض :

وهو السحاب الذى يقل مستواه عن كيلو مترين ، وتشمل السحاب الطبقي والركامي ، والمزن الركامي والركام الطبقي .

## السحاب الركامى Cumulus :

يتكون هذا النوع من السحاب نتيجة لتيارات الحمل الهوائية الصاعدة ، وهو سحاب سميك وكثيف ويشبه فى شكله الصوف المنفوش ويقترن ظهوره بالجو الصحو ، لكن قد يترتب عليها حدوث رخات من المطر .

## سحاب المزن الركامى Cumulo-Nimbus :

ينشا أيضا بسبب التيارات الهوائية الصاعدة ، ويبدو بشكل كتل ضخمة شامخة ومتراكمة ، حتى ليبدو بهيئة أبراج أو جبال ضخمة ، ويسقط منه رخات من المطر الغزير الذى ترافقه رياح قوية ، وقد يصاحب ذلك عواصف برق ورعد .

## السحاب الطبقي Stratus :

وهو يبدو فى شكل طبقة منتظمة الشكل تشبه الضباب لكنها تعلو عن سطح الأرض بنحو كيلو مترين . ويتكون عند مرور الجبهات الدافئة للانخفاضات الجوية ، أو نتيجة لارتفاع الهواء الرطب ارتفاعا تدريجيا بطيئا ، أو قد ينشا بسبب ارتفاع طبقة الضباب الأرضى بعيدا عن سطح الأرض بفعل أشعة الشمس ، وقد يصاحبه سقوط مطر خفيف .

## السحاب الركامى الطبقي Strato-Cumulus :

ويظهر فى هيئة طبقة مكونة من كتل كروية الشكل أو اسطوانية ، ولونها رمادى ، وتغطى قسما كبيرا من السماء ، وقد يصاحبها سقوط المطر .

## التساقط :

### العلاقة بين التساقط والسحاب :

المقصود بالتساقط Precipitation ، كما سبق أن أوضحنا ، كل ما يسقط على سطح الأرض من مطر وثلج ويرد . وتتضمن البيانات التى تصدرها محطات الأرصاد الجوية كل ما يسقط من بخار ماء متكاثف بهذه الصور الثلاث .

ومن المعروف أن السحاب ليس كله ماطرا ، فبعضه يظهر ويختفى دون حدوث أى نوع من التساقط ، ذلك أن التساقط تحكمه عدة عوامل تختص بالسحاب ذاته . منها طبيعة التكوين ومدى الارتفاع ، وكمية بخار الماء المتوفرة ، ومدى وفرة نويات التكاثف المائى والثلجى .

وياخذ التكاثف فى السحاب شكلين أساسيين هما :



- ١ - قطيرات ماء دقيقة الحجم ، تؤلف الشكل الشائع في السحاب الدافئ والمنخفض . أما في السحاب المتوسط والمرتفع ، فقد تنخفض حرارة قطيرات الماء الى أقل من درجة التجمد لكنها تبقى سائلة ، وذلك يحدث حينما تكون نويات التكاثف الثلجية في السحاب قليلة .
- ٢ - بلورات ثلجية في السحاب البارد والمرتفع .

ويتكاثف بخار الماء الموجود في السحاب حول شكلين من نويات التكاثف هما :

#### ١ - نويات تكاثف مائية :

وهي النويات العادية التي يتكاثف بخار الماء حولها في شكل قطيرات صغيرة ، وهي متوفرة في كل أنواع السحاب .

#### ٢ - نويات تكاثف ثلجية :

يعتقد أن المصدر الأساسي لنويات التكاثف الثلجية هو ذرات ناعمة من معدن الكاولينايت Kaolinite الذي يدخل في تكوين الطين والصلصال إضافة الى ذرات الرماد البركاني .

ويتكاثف بخار الماء حولها في شكل بلورات ثلجية . ونسبتها في السحاب أقل بكثير من نويات التكاثف المائية ، لكنها تزداد كلما انخفضت درجة الحرارة .

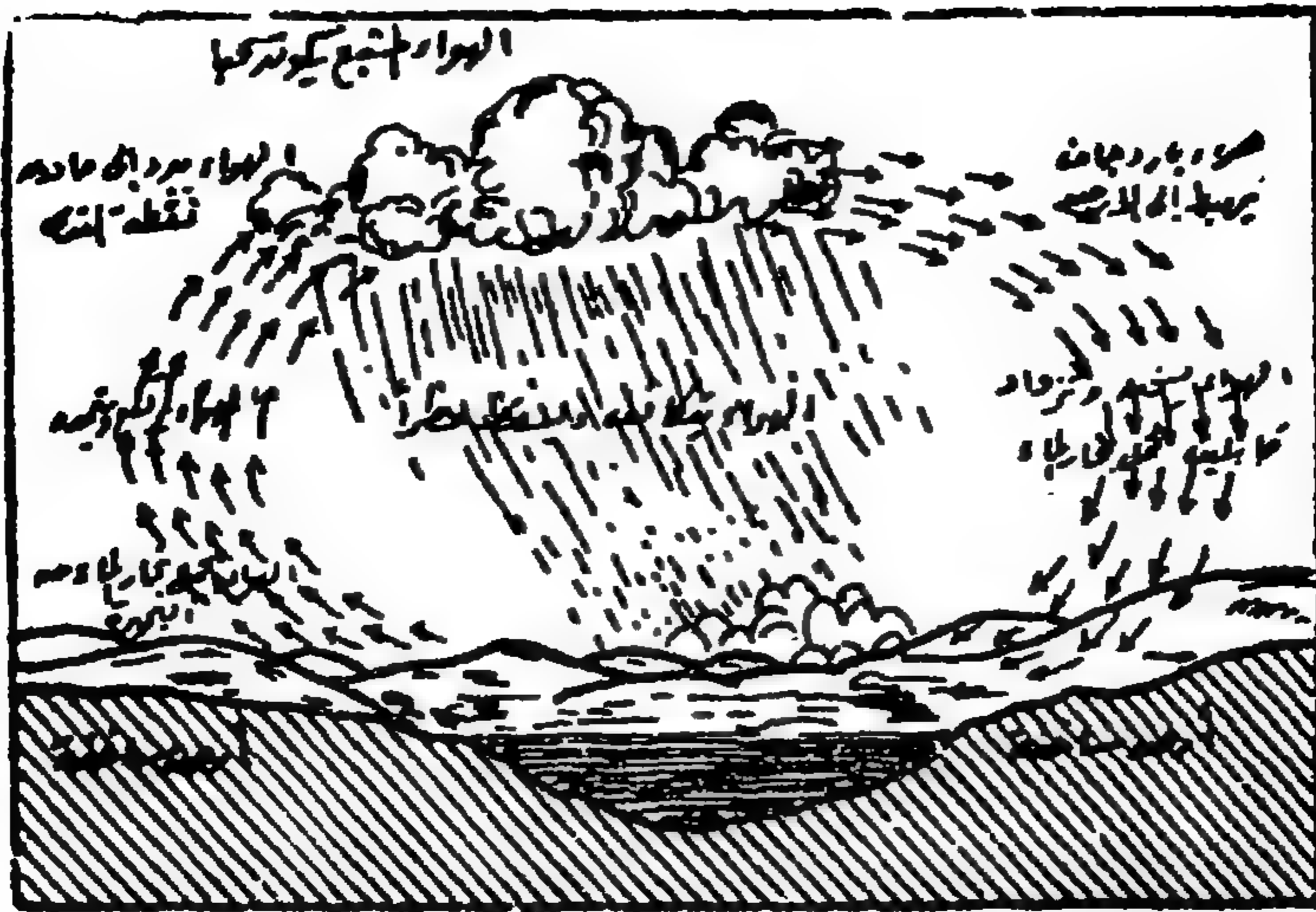
### المطر :

يعتبر المطر من أهم المظاهر التي يتحول اليها بخار الماء من الحالة الغازية الى الحالة السائلة في طبقات الجو العليا .

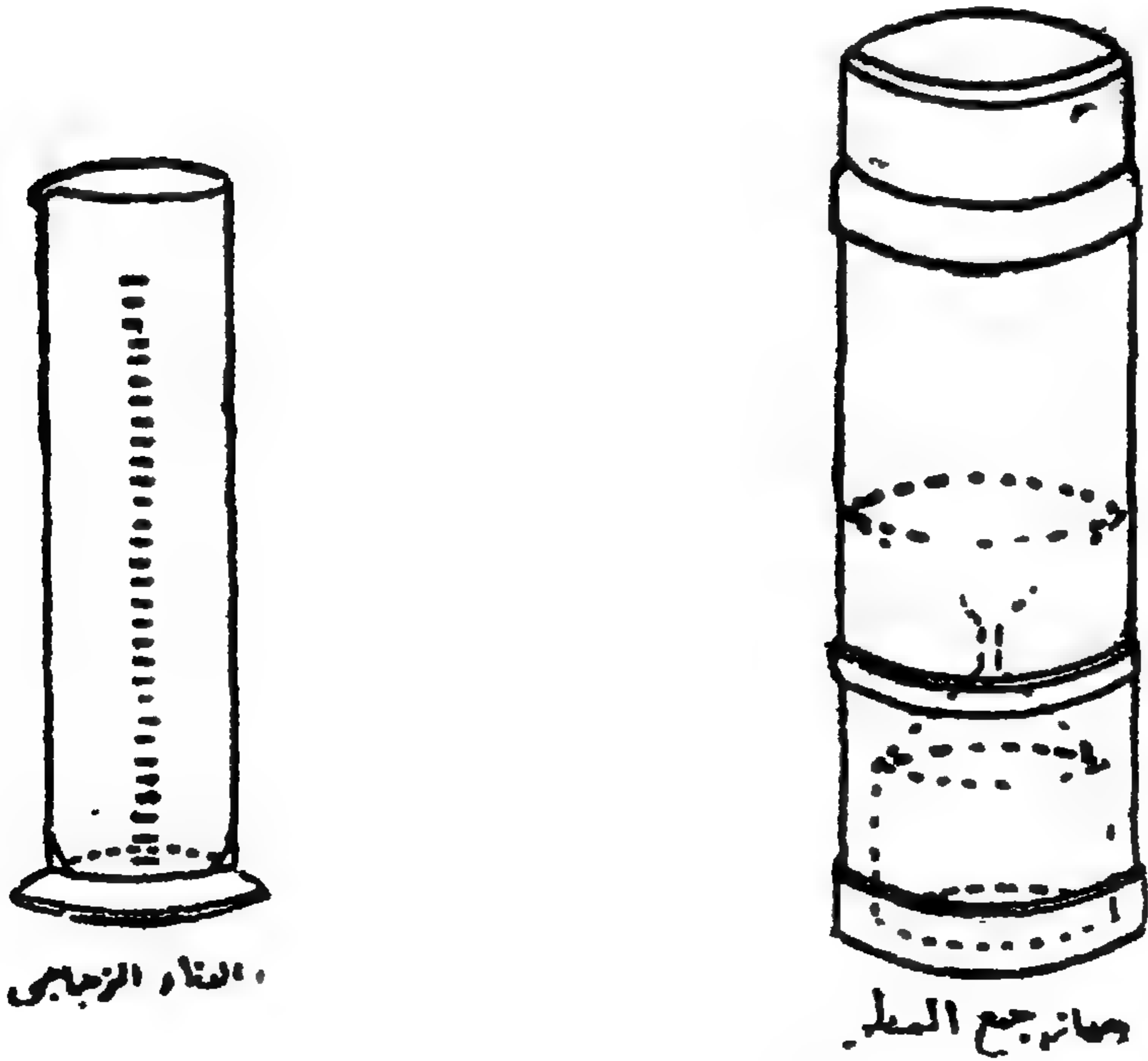
وللمطر أهمية عظيمة : فمنه نستمد المياه العذبة اللازمة لحياتنا ، وينساب جزء منه على سطح الأرض فيكون الأنهار التي تصب ماعها في البحار والمحيطات ، وجزء آخر يتسرب في القشرة الأرضية مكونا مياهها أرضية تتفجر في هيئة عيون وآبار ، وجزء يتبخر فيصعد ثانية الى الجو شكل رقم (٦٩) .

### قياس المطر :

تقاس كمية المطر بواسطة مقياس خاص يتكون من انايين أحدهما مدنى يتجمع فيه المطر ، والآخر زجاجى مقسم الى سنتيمترات تقاس به كمية المطر المتجمعة في الاناء المدنى .



شكل رقم (٦٩) دورة المطر  
ويتكون الجهاز المعدنى كما فى شكل رقم (٧٠) من :



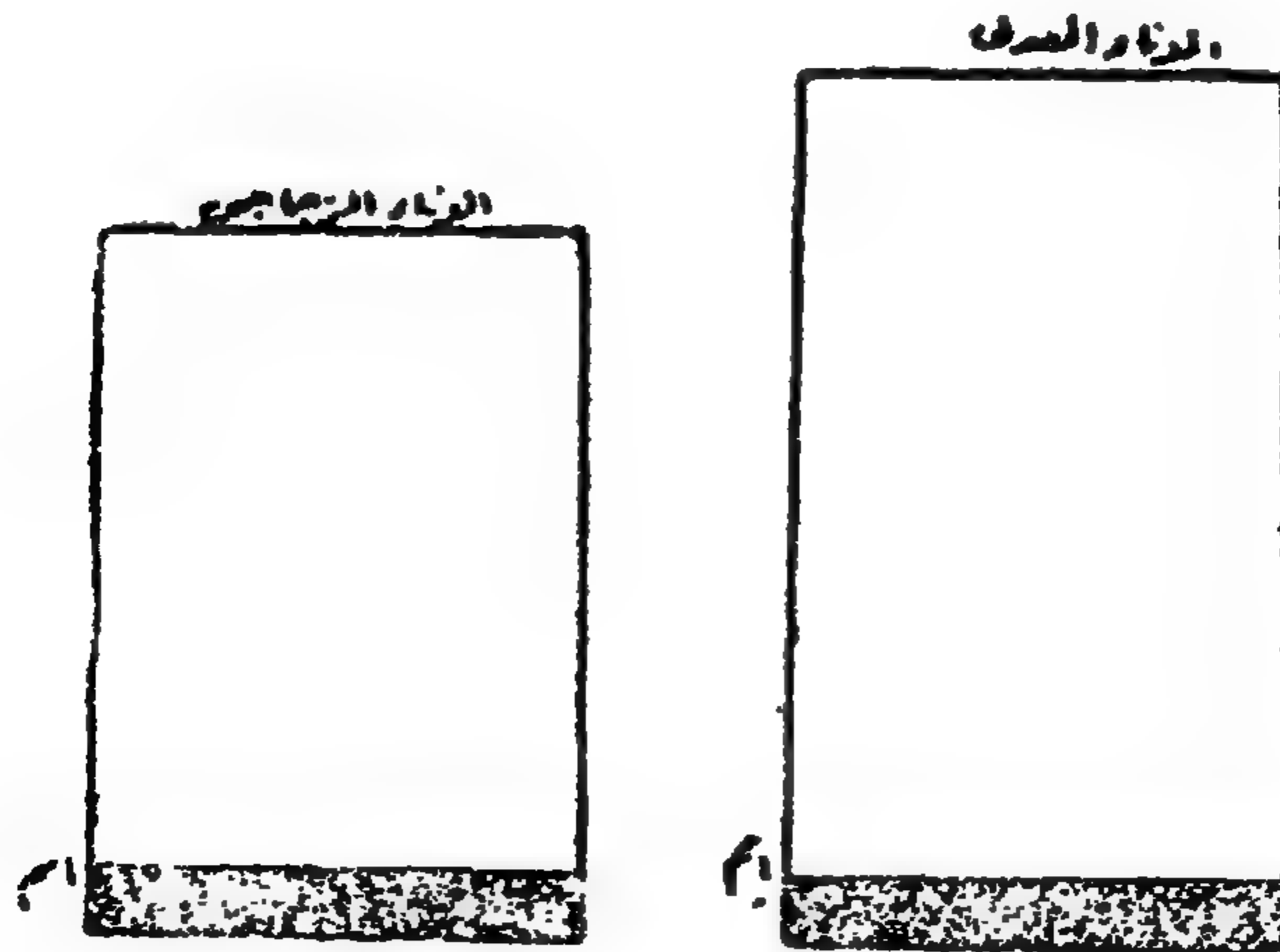
شكل رقم (٧٠) مقياس المطر

١ - جزء أعلى له فتحة مستديرة يدخل عن طريقها المطر ، وفي نهاية هذا الجزء قمع .

٢ - جزء أسفل يمثل قاعدة لائن آخر ذى فوهة ضيقة يتلقى الماء الذى ينزل من القمع .

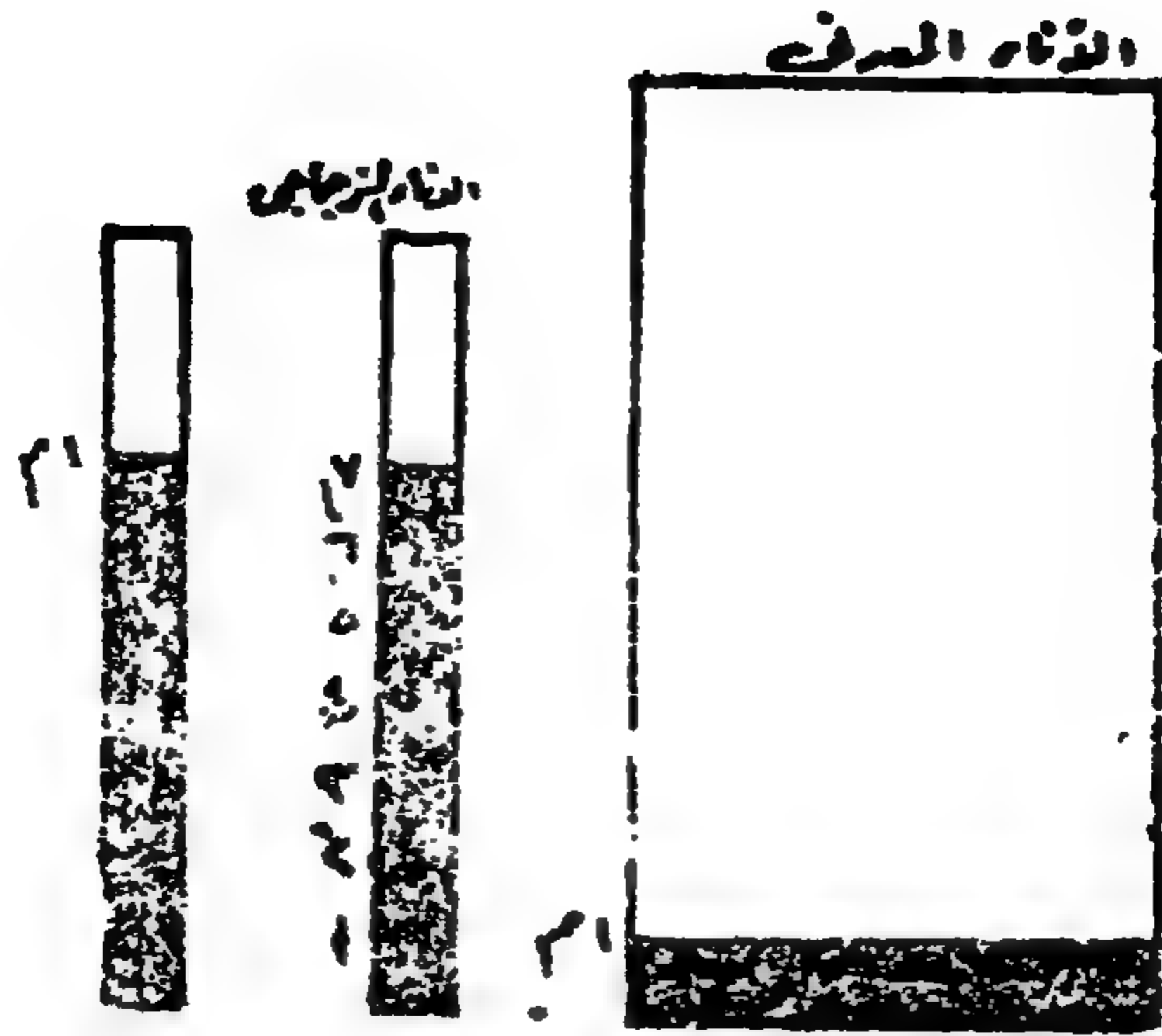
وتراعى النسبة بين مساحة فوهة الائن المعدنى وبين مساحة قاعدة الائن الزجاجى ، فاذا كانتا متساويتين يكون حجم المطر الساقط فى الائن المعدنى مساويا لحجمه فى الائن الزجاجى شكل رقم (٧١) أما اذا كانت مساحة فوهة الائن المعدنى ضعف مساحة قاعدة الائن الزجاجى ، وكان ارتفاع المطر فى الائن المعدنى ١ ملليمتر ، فانه اذا وضع فى الائن الزجاجى سيكون ارتفاعه ٢ ملليمتر ، وعلى ذلك يدرج الائن الزجاجى بحيث تظل القراءة ١ ملليمتر لان كمية المطر المتجمعة فى الائن المعدنى لم تتغير ، أى أن كل ارتفاع مقداره ٢ ملليمتر فى الائن الزجاجى يدل على أن كمية المطر الساقطة هى ١ ملليمتر فقط . وكلما كبرت النسبة بين فوهة الائن المعدنى وقاعدة الائن الزجاجى كلما كان المقياس دقيقا شكل رقم (٧٢) .

وعلى أساس قياس كمية المطر يمكن أن نحصل على معدلات شهرية وسنوية للكمية التى تسقط فى مختلف الأقاليم ، كما يمكننا أن نرسم خطوطا تصل بين الأماكن التى تتساوى فيها كمية الأمطار ، ويطلق عليها اسم :



شكل رقم (٧١)

مساحة فوهة الائن المعدنى مساوية لمساحة قاعدة الائن الزجاجى



شكل رقم (٧٢)

كلما كبرت النسبة بين فوهة الاناء المعدني وقاعدة الاناء الزجاجي  
أمكن تقدير كمية المطر بكل دقة مهما صغرت

#### خطوط المطر المتساوي :

وهي كما قلنا ، خطوط ترسم في خرائط تسمى باسمها ، وتصل بين  
الأماكن التي تتساوى فيها كميات المطر الساقطة . وخرائط خطوط المطر  
قد تكون شهرية أو فصلية أو سنوية .

وتختلف هذه الخطوط عن خطوط الحرارة المتساوية أو خطوط الضغط  
المتساوي ، اذ أنه عند رسمها لا تحتاج الى تعديل الأرقام بالنسبة لسطح  
البحر ، بل توضع على الخريطة كما هي بدون تعديل .

#### كيفية تكون قطرات المطر :

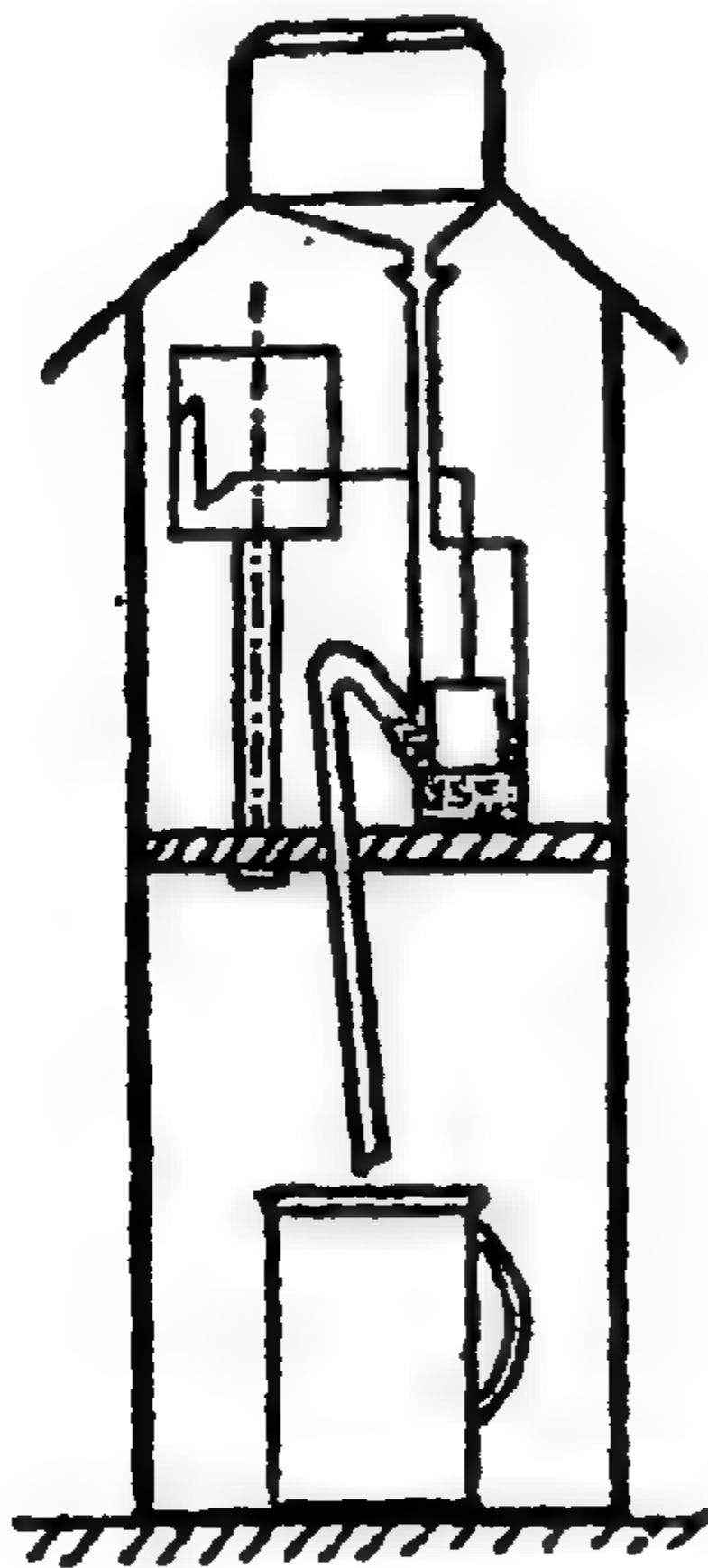
رأينا كيف أن السحاب ما هو الا كتل محتشدة متجمعة من بخار الماء  
تبقى معلقة في الجو ، سابحة فيه حين تسوقها الرياح . وبعدما تتكون  
قطيرات الماء الصغيرة تأخذ في النمو ، وطالما بقيت صغيرة خفيفة الوزن  
بحيث يتمكن الهواء من حملها ، فانها تبقى عالقة ولا تتعرض للسقوط على  
سطح الأرض .

ويتراوح قطر قطيرات الماء بالسحاب بين ١٠ - ١٥ مايكرون ، وهذا  
حجم لا يسمح لها بالهبوط . ومع هذا فلو افترضنا أن قطيرة قطرها  
١٠ ميكرون سقطت من سحابة ارتفاعها ألف متر ، فان رحلة هبوطها الى



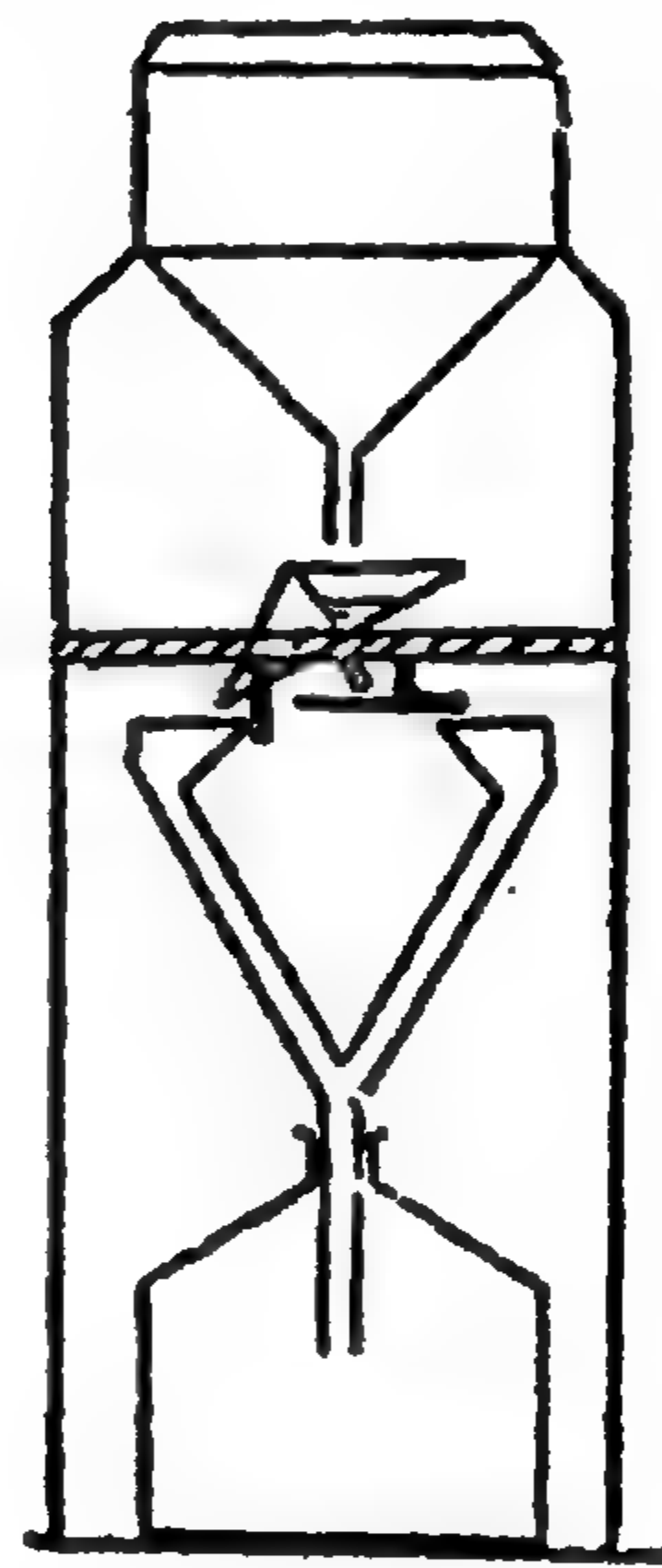
سطح الأرض ، ولو قدر لها أن تتم ، تستغرق نحو ١٥٠ ساعة . وبالمقارنة يقدر لرحلة سقوط قطيرة قطرها ٥٠٠ مايكرون (نصف ملليمتر) أقل من عشر دقائق فقط . وحينما يزيد حجم قطيرات الماء الساقطة عن ٥٠٠ مايكرون يسمى مطرا ، أما المطر الخفيف فهو الذى يقل قطر حبيباته عن ٥٠٠ مايكرون ويعرف حينئذ باسم رذاذ *Drizzle* .

وتنمو قطيرات الماء فى السحب العالية عن طريق اختلاطها بقطيرات الماء الشديدة البرودة وبالبثورات الثلجية . وتخدم الأخيرة كنويات تكاثف صلبة يتكاثف حولها بخار الماء ، فتتنام وتكبر حتى تصل حدا معيناً ، لا تقوى معها تيارات الحمل فى السحاب على رفعها واستبقائها ، فتتهبط الى أسفل ، وتنصر أثناء هبوطها ، فتعمل سطح الأرض فى شكل أمطار .



شكل رقم (٧٤)

مقياس المطر الآلى (جهاز هيلمان)



شكل رقم (٧٣)

مقياس المطر ذو المدلاء

أما فى السحاب الدافئ والمنخفض كما فى الجهات المدارية التى لا يزيد ارتفاع قاعدته عن ألف متر ، ولا تقل درجة حرارته عن خمس درجات مئوية ، فإن نمو قطيرات الماء يأتى عن طريق اصطدامها والتحامها ببعضها ، ومن ثم كبر حجمها . ذلك أن اختلاف أحجامها منذ البداية يجعلها تختلف فى سرعات سقوطها ، ومن ثم تلتقى عند السقوط وتتلاحم فتتنامو قطيرات الماء كي تصبح الى حبيبات المطر الذى يمر بمرحلتين الأولى عن طريق التكاثف العادى ، ثم بعد ذلك عن طريق التصادم والالتقاء والالتحام .

## انواع المطر :

يسقط المطر بسبب انخفاض درجة حرارة الهواء الرطب في طبقات الجو العليا الى ما دون درجة الندى ، وتكاثفه مكونا للسحاب الذى تتحول مكوناته الى حبات مطر حينما تكون الظروف التى سبق أن أوضحناها مواتية .

ويمكن التعرف على ثلاثة أنواع من المطر ، تختلف عن بعضها تبعاً لاختلاف العامل الذى يؤدي الى رفع الهواء الرطب الى أعلى ، وتشكيل السحب ثم سقوط الأمطار . ومع هذا ينبغي أن نؤكد أن الأمطار فى أى مكان لا تحدث نتيجة لعامل واحد ، بل لتضافر عدة عوامل لسقوطها ، وإن كان أحدها يبدو ظاهراً .

### والأنواع الثلاثة هى :

١ - الأمطار الانقلابية أو الأمطار الحملية أو أمطار التيارات الهوائية الصاعدة Convectional Rainfall .

٢ - الأمطار الأوروجرافية أو أمطار التضاريس Orographic or Relief Rainfall .

٣ - الأمطار الإعصارية أو أمطار الجبهات الهوائية Cyclonis or Frontal Rainfall .

### الأمطار الانقلابية :

المطر الانقلابى أو مطر التيارات الصاعدة هو المطر الناتج عن صعود الهواء الرطب الى طبقات الجو العليا ، كما فى مناطق الرهو الاستوائية ، حيث تشتد الحرارة ، وتتصاعد التيارات الهوائية الى طبقات الجو العليا فتبرد ، ويتكاثف ما بها من بخار الماء ، فيسقط المطر على نحو ما أسلفنا .

وتتوقف غزارة المطر الانقلابى على عاملين هما :

١ - كمية بخار الماء التى يحملها الهواء الصاعد .

٢ - درجة حرارة الطبقات العليا من الهواء التى توجد بها السحب الماسطرة .

ويكثر هذا النوع فى المناطق الاستوائية والمدارية الرطبة ، حيث يسقط بصورة منتظمة فى جميع فصول السنة فى المناطق الاستوائية وفى بعضها فى

الجهات المدارية • ويحدث التصاعد الهوائى فى أثناء النهار الحار، ويتساقط المطر ابتداء من المساء •

والسحاب المصاحب لهذا النوع من الأمطار هو الركامى أو المزن الركامى • ويتصف المطر بالغزارة والانهمار فى هيئة وابل ، ولهذا فهو يضر المحاصيل ، كما أن الجريان السطحى الغزير قد يجرف التربة ويؤدى الى تعريتها :

وترتبط الأمطار الانقلابية التى تحدث فى العروض الوسطى بالفصل الحار من السنة ، حيث يسخن اليابس بشدة ، ويصعد الهواء الملامس له الى طبقات الجو العليا ، حيث يتعرض للبرودة والتكاثف، وتنتفع النباتات الصيفية فى تلك الجهات بالأمطار الانقلابية خصوصا حينما تكون كثيرة •

### أمطار التضاريس :

هى الأمطار التى يسببها اعتراض الجبال والهضاب والتلال العالية للرياح المحملة ببخار الماء ، فتضطر الرياح الى الصعود على سفوحها ، فتتخفض درجة حرارتها وتبرد ، وتتكون فيها السحب التى يحدث فى أبخرتها وقطيراتها التكاثف والنمو فتسقط مطرا • ونرى هذا واضحا فى أمطار الجهات الموسمية ، والأمطار التى تسببها الرياح المنتظمة •

وتكون المنحدرات الجبلية المواجهة لهبوب الرياح أكثر مطرا من المنحدرات المظاهرة لها • وتسمى السفوح الجافة التى لا يسقط عليها المطر بمنطقة ظل المطر Rain Shadow ويزداد المطر فى كميته كلما زاد الارتفاع، حتى يصل الى مستوى معين يأخذ بعده فى النقصان • ويختلف هذا المستوى من جهة لأخرى تبعا لعدد من العوامل أهمها مقدار بخار الماء الذى تحمله الرياح ، وسرعة الرياح ، ومدى عرض أو اتساع الجبال ومقدار ارتفاعها ، ومعدل انخفاض الحرارة بالارتفاع • ويتراوح هذا المستوى بين ١٥٠٠ – ٣٠٠٠ مترا • وهو منخفض فى الجهات المدارية ومرتفع فى الجهات المعتدلة والباردة •

والسبب الرئيسى فى انخفاض المستوى الذى عنده تبدأ الأمطار فى النقصان فى الجهات المدارية ، أن السحب المدارية الممطرة هى سحب ركامية فى الأغلب الأعم، وهى سحب منخفضة لا يزيد ارتفاع أعاليها عن ٣٠٠٠ متر • وبالتالي فإن مستوى أسافلها حيث تتركز الأمطار يقع دون هذا المستوى بكثير • بينما نجد السحب فى المناطق المعتدلة والباردة سحب طبقية مرتفعة، ولهذا فإن الأمطار هنا تستمر فى الزيادة بالارتفاع ويصبح المستوى الذى عنده تبدأ الأمطار فى النقصان عاليا •

ويكثر مطر هذا النوع التضاريسى فى كل الأقاليم الجبلية مثل جبال اسكنديناوه فى شمال غرب أوروبا ، وجبال الألب الأوروبية ، وجبال شبه جزيرة الهند ، خاصة الجهات الغربية والسفوح الجنوبية لسلاسل جبال الهيمالايا ، ومرتفعات الأنديز فى غرب أمريكا الجنوبية ، وسلاسل جبال الروكى فى غرب أمريكا الشمالية .

ويزداد المطر التضاريسى كثافة حينما تهب الرياح عمودية على تلك السلاسل الجبلية ، حيث يصبح تأثيرها فى سقوط المطر عظيما . أما اذا هبت الرياح موازية للسلاسل الجبلية فان تأثير الجبال فى اسقاط المطر يكون محدودا .

هذا وينبغى أن نشير الى أن زيادة الأمطار على سفوح الجبال لا ترجع لمجرد اصطدامها بتلك الجبال فحسب ، وانما تشارك عوامل أخرى تعاون فى زيادة كمية الأمطار أهمها : أن اصطدام الرياح بالجبال يعيق حركتها الأفقية فتتجمع أهويتها فى الوديان والأحواض الجبلية مما يؤدى الى اثارها وعدم استقرارها ، ويساعد هذا الوضع على نشاط تيارات الحمل وزيادة حدتها وقدرتها ، أضف الى ذلك أن اعتراض الجبال للجهات والمنخفضات الجوية يؤخر مسيرتها ويقلل سرعتها ، وهذا من شأنه اطالة المدة التى تتعرض فيها الجبال لسقوط الأمطار .

### الأمطار الاعصارية :

وهى أمطار نطاق هبوب الرياح العكسية الذى تكثر به المنخفضات الجوية التى تسمى الأعاصير ، ومن أمثلتها أمطار غرب أوروبا وأمطار اقليم البحر المتوسط الشتوية .

ويتسبب فى سقوط هذا النوع من المطر مرور الأعاصير أو المنخفضات الجوية ، اذ يحدث أن يجذب الأعصار تيارين هوائيين مختلفى المصدر من حيث الحرارة ، كأن يأتى تيار هوائى من الشمال البارد ، وتيار هوائى آخر من الجنوب الحار أو الدافئ ، وحينئذ يتقابلان تحدث عملية تصعيد للهواء الدافئ ، لأنه الأخف وزنا ، وحينما يعلو فانه يبرد ، ويتكاثف ما به من بخار ماء ، فيسقط مطرا . ويكثر المطر بأطبع حينما يكون الهواء غزير الرطوبة .

ويسقط المطر الاعصارى عند مرور الجبهتين الدافئة والباردة . لكن الأمطار التى تصاحب وصول الجبهة الدافئة تكون خفيفة ، وتستمر بضع ساعات قد تصل الى ١٢ ساعة . وعندما تصل الجبهة الباردة ، يبدأ المطر



في الانهمار غزيرا ، وتصاحبه عواصف رعد وبرق . وأمطار الأعاصير أو المنخفضات الجوية هي الشائعة في العروض الوسطى أو العروض المعتدلة ، وهي العروض الواقعة بين دائرتي عرض ٤٠ - ٦٥ درجة شمالا وجنوبا . وتحسب دائرة عرض ٤٥ درجة شمالا وجنوبا من أغزر جهات العالم أمطارا لأنها أكثر دوائر العرض تعرضا للمنخفضات الجوية .

### التوزيع الجغرافي لكميات المطر :

يبلغ المعدل السنوي لكمية الأمطار الساقطة على مستوى العالم نحو مائة سنتيمتر ، لكنه يزيد كثيرا عن ذلك في بعض مناطق العالم ، كما أنه يقل قلة كبرى حتى ليقل عن ١٠ سم في جهات أخرى . ويرجع سبب ذلك الى عدد من العوامل التي تتحكم في كمية الأمطار الساقطة وفي مواسم سقوطها فوق مختلف المناطق .

### وفيما يلي دراسة موجزة لتلك العوامل :

#### ١ - الموقع الجغرافي :

فقرّب المكان من المسحطات المائية الواسعة يساعد على زيادة التبخر ، ومن ثم عظم كمية الرطوبة التي يحملها الهواء . فاذا ما كانت عوامل حدوث التكاثف مواتية ، توفرت فرص سقوط الأمطار الغزيرة . ولهذا فإن الجهات الساحلية تختص غالبا بالمطر الغزير ، خصوصا حيثما هبت رياح دافئة فوق بحر دافئ وعبرته الى يابس مجاور بارد .

#### ٢ - التيارات البحرية :

عبور الرياح الآتية من البحر أو المحيط لتيار مائي بحري دفيء قبل أن تهب على اليابس ، فتعظم فيها نسبة بخار الماء الذي تسقطه مطرا فوق اليابس البارد نوعا . مثال ذلك الرياح التي تهب من المحيط على جنوب شرقي أمريكا الشمالية وشمالي شرق أمريكا الجنوبية ، حيث تمر على مياه دفيئة تتمثل في تيار الخليج الدافئ . ومثل هذا يقال عن الرياح التي تهب على شرق آسيا مارة فوق تيار اليابان الدفيء .

وعكس هذا يقال عن الرياح التي تمر فوق مياه تيار بحري بارد قبل هبوبها على اليابس ، فانها تكون فقيرة في رطوبتها فلا تسقط مطرا . وهذا من بين الأسباب الرئيسية في نشوء الصحارى المدارية . فكل صحراء تطل على البحر يحاذيها جريان مياه تيار بحري بارد ، ومثل ذلك الصحراء الكبرى الأفريقية التي تطل على المحيط الأطلسي بساحل يجرى محاذيا تيار كناريا البارد ، وصحراء كلهاري التي يجاورها جريان مياه تيار بنجويلا

البارد ، وصحراء أتكاما بغرب أمريكا الجنوبية التي يوازي سواحلها على المحيط الهادى مياه تيار بيرو البارد ، وصحراء غرب استراليا حيث يسير بجوار ساحلها تيار استراليا البارد .

### ٣ - التضاريس :

سبق أن أوضحنا أثر الارتفاع فى زيادة كمية المطر ، كما وأن السفوح المعرضة للرياح الرطبة أغزر مطرا من المنحدرات المظاهرة لها وهى منحدرات ظل المطر . وحينما نقارن خريطة المطر المتساوى وأخرى للتضاريس ، نلاحظ ارتباط غزارة المطر بالمرتفعات ، وقلته بالسفول والمنخفضات ، حتى لتبدو الجبال «جزرا مطرية» .

٤ - ارتفاع الحرارة فى الجهات الحارة الرطبة كمناطق الرهو الاستوائى ، حيث تساعد على زيادة نشاط تيارات الحمل أو التيارات الصاعدة المحملة ببخار الماء ثم حدوث التكاثف وسقوط الأمطار . وعكس ذلك يحدث حينما ترتفع الحرارة فوق يابس جاف ، اذ يؤدي ذلك الى انخفاض نسبة الرطوبة ، وبالتالي يحدث الجفاف .

٥ - مرور المنخفضات الجوية وما يصاحبها من أمطار فى مقدمتها ومؤخرتها على نحو ما أسلفنا .

هذا ويختلف توزيع الأمطار من جهة لأخرى تبعا للعوامل السابقة ، ويختلف التوزيع فى الكمية ، وفى موسم السقوط ، وفى عدد الأيام الممطرة وفى كيفية السقوط فى هيئة وابل أو فى صورة رذاذ ، وفى انتظامه أو تذبذبه ، وكلها وسائل مهمة فى تحديد قيمة المطر الفعلية للحياة فى مختلف الجهات .

### أقاليم توزيع المطر :

يمكن أن نميز أقاليم مطر كبرى على النحو التالى :

#### أولا - أقاليم كثيرة المطر :

١ - الأقليم الاستوائى : وهو أكثر أقاليم العالم أمطارا ، اذ يزيد المعدل السنوى للأمطار فيه عن ١٦٠ سم ، وهى غالبا من نوع أمطار التيارات الصاعدة ، ومن الملاحظ أن النصف الشمالى من هذا الأقليم أغزر أمطارا من نصفه الجنوبى ، لأن الجبهة الهوائية الاستوائية تبقى فى هذا النصف أكثر مما تبقى فى نصفه الجنوبى .

٢ - أقاليم شرقى القارات المطلة على البحار والواقعة فى مجال هبوب الرياح التجارية الهابة عليها من المحيط والمشبعة ببخار الماء .

ويساعد على سقوط المطر بغزارة في هذه المناطق كثرة هبوب العواصف المدارية كالتيفون والهاريكين والتورنادو .

٣ - الأقاليم المعتدلة التى تقع بين دائرتى عرض ٤٠ - ٥٥ درجة شمالا وجنوبا ، فى غربى القارات ، وهى المناطق التى تتعرض لهبوب الرياح العكسية ، ولكثرة مرور المنخفضات الجوية . وأمطارها طول العام لكنها تكثر فى النصف الشتوى عنها فى النصف الصيفى لكثرة تكون المنخفضات الجوية فيه .

### ثانيا - أقاليم متوسطة المطر :

١ - إقليم البحر المتوسط فيما بين دائرتى عرض ٣٠ - ٤٠ درجة شمالا وجنوبا وتسقط فيه الأمطار فى الشتاء بسبب هبوب الرياح العكسية والمنخفضات الجوية . وقد تكثر الأمطار حينما يقترن سقوط المطر الأعصارى بسقوط المطر التضارىسى كما فى كثير من جهات هذا الإقليم الجبلية السطح .

٢ - الأقاليم الباردة الواقعة الى الشمال من دائرة العرض ٥٥ درجة شمالا ، وفيها تتناقص الأمطار بسبب تعرض تلك الأقاليم لتمرکز ضغوط جوية مرتفعة .

### ثالثا - أقاليم قليلة المطر أو جافة :

١ - الصحارى الباردة فى المناطق القطبية ، ويرجع السبب فى جفافها لبرودة الهواء وقلة قدرته على حمل بخار الماء .

٢ - الصحارى المعتدلة الواقعة فى أواسط القارات ، مثل الصحارى الواقعة فى داخلية القارة الآسيوية ، ويرجع السبب فى تكوينها لبعدها الكبير عن المسطحات المائية ، فتصلها الرياح جافة .

٣ - الصحارى الحارة وهى الصحارى الواقعة فى غربى القارات فى المناطق المدارية التى تصلها الرياح التجارية من الشرق جافة بعد أن تكون قد أسقطت حمولتها من المطر فوق شرقى القارات ، وكذلك بسبب الضغط الجوى المرتفع الذى يربط فوقها طول العام ، وذلك بسبب هبوط الهواء من أعلى ، وتكون انعكاس حرارى علوى يمنع أى صعود كبير للهواء الى أعلى . ومثلها الصحراء الكبرى الأفريقية وصحارى جنوب غربى آسيا ومنها صحراء شبه جزيرة العرب وصحراء ثار ، وصحراء كلهارى فى جنوب أفريقيا ، وصحراء غرب استراليا .

### نظم المطر :

ينبغى معرفة التوزيع الفصلى لكمية الأمطار الساقطة على كل إقليم

من الأقاليم ، وهذا ما يعرف بنظم المطر **Rainfall Regimes** ويمكن ان نميز بين النظم الأساسية ومميزات كل منها كما يلي :

### ١ - النظام الاستوائى :

يظهر هذا النظام فى الأقاليم الواقعة حول خط الاستواء من ٥° شمالا الى ٥° جنوبا . وتسقط الأمطار فيه طول العام ، وليس هناك فصل جاف ، وتزداد فى الاعتدالين عندما تكون الشمس عمودية على خط الاستواء . وأهم أسباب المطر هنا كثرة التبخر ، ووجود التيارات الهوائية الصاعدة ، وكثرة الزوابع الراعدة . ويبلغ متوسط ما يسقط من المطر بين ١٥٠ - ٢٥٠ مترا فى السنة . وهناك بالطبع اختلافات محلية ، بسبب التباين فى مظاهر السطح وتوزيع اليابس والماء ، فأمطار حوض زائير أقل من أمطار جزر أندونيسيا وذلك لتضاريسها المرتفعة واحاطة مياه المحيط بها .

ويحدث المطر فى الاقليم الاستوائى يوميا بنظام معلوم لا يتغير . ففي الصباح تشرق الشمس ذات الأشعة العمودية أو القريبة من العمودية ، فتلهب الأرض بأشعاعها ، فينشط التبخر ، كما تنشط التيارات الهوائية فى التصاعد ، وتأخذ سحب المزن الركامى فى التشكيل ، وتزداد كثافتها بتقدم النهار . وفيما بعد الظهيرة ، يبدأ فى التساقط بغزارة ، مصحوبا بعواصف الرعد والبرق . ويستمر المطر حتى المساء حين يتوقف ، وتزول السحب ، ويصحو الجو حتى صباح اليوم التالى حين تبدأ الدورة من جديد . وتمثل هذا النظام بلدة أكاسا فى وسط أفريقيا .

### ٢ - النظام شبه (أو دون) الاستوائى :

ويقع على هوامش النظام الاستوائى ، بين درجتى عرض ٥ - ٨ شمالا وجنوبا . ويسقط المطر أثناء عشرة شهور على الأقل ، ويشهد سقوط المطر فى فترتين عقب تعامد الشمس على الإقليم ، ويلاحظ أن قمى المطر متقاربتان . وسبب المطر عمليات التبخر والتيارات الهوائية الصاعدة كما فى النظام الاستوائى . وتمثل هذا النظام بلدة منجلا فى جنوب السودان .

### ٣ - النظام السودانى أو المدارى القارى :

ويظهر فى الأقاليم التى تقع بين خطى عرض ٨° - ١٨° شمال وجنوب خط الاستواء ، وخاصة فى بلاد السودان وهضبة البرازيل ، وأهم ما يميزه سقوط الأمطار صيفا ، عندما تتعامد الشمس عليه ، حين يقع فى نطاق الضغط المنخفض فيما بين يونيو وسبتمبر . ويطول فصل المطر كلما اتجهنا نحو خط الاستواء ، ويقل كلما بعدنا عنه ، حتى يكاد ينعدم ، ويبلغ متوسط ما يسقط من مطر حوالى ١٠ متر فى السنة . وتمثله بلدة الدويم بالسودان .



#### ٤ - نظام موزمبيق أو النظام المدارى البحرى :

ويتمثل فى نفس عروض النظام السابق لكن فى بعض السواحل الشرقية من القارات ، مثل سواحل موزمبيق حيث يتمثل أفضل تمثيل ، وجنوب شرقى أفريقيا وأمريكا الشمالية والبرازيل وقسما من سواحل شرقى الأرجنتين . وتسقط الأمطار هنا طول العام ، ومعدلها السنوى ١ - ٢ م .

#### ٥ - النظام الموسمى :

يوجد هذا النظام فى المناطق التى تقع جنوب شرق وشرق آسيا التى تهب عليها الرياح الموسمية المحملة ببخار الماء ، وخاصة عندما يكون اليابس الاسيوى مركزا للضغط المنخفض . وهذا النظام يشبه النظام السودانى من حيث سقوط المطر فى صيفا . الا أن الأمطار الموسمية أشد غزارة . ويتراوح متوسط ما يسقط من المطر فى هذا النظام بين ١٥٥ - ٢٥٥ مم فى السنة . ويتذبذب المطر فى كميته ، وفى طول فصل سقوطه من عام لآخر . ويترتب على ذلك الحاق الضرر بالمحاصيل وبالانسان والحيوان كما يتسبب أحيانا فى أحداث فيضانات عالية تغرق مناطق العمران . وتمثله مدينة بومباى بشمال غرب شبه الجزيرة الهندية .

#### ٦ - النظام الصحراوى :

ويوجد فى الصحارى المدارية بين خطى عرض ١٨° - ٣٠° شمال وجنوب خط الاستواء ، أى أنه يقع بين منطقتى النظام السودانى ذى المطر الصيفى ، ونظام البحر المتوسط ذى المطر الشتوى . ويكاد المطر ينعدم به ، نظرا لوقوع الصحارى فى مهب الرياح التجارية التى تصل اليها جافة . وتعتبر الصحراء الكبرى الأفريقية أعظم الصحارى المدارية مساحة ، وتجدها امتدادا عبر البحر الأحمر فى صحراء شبه جزيرة العرب . والمطر النادر تغلب عليه الفجائية ، ونظامه مرتبط بنظم سقوط المطر فى الأقاليم المحيطة به .

#### ٧ - نظام البحر المتوسط :

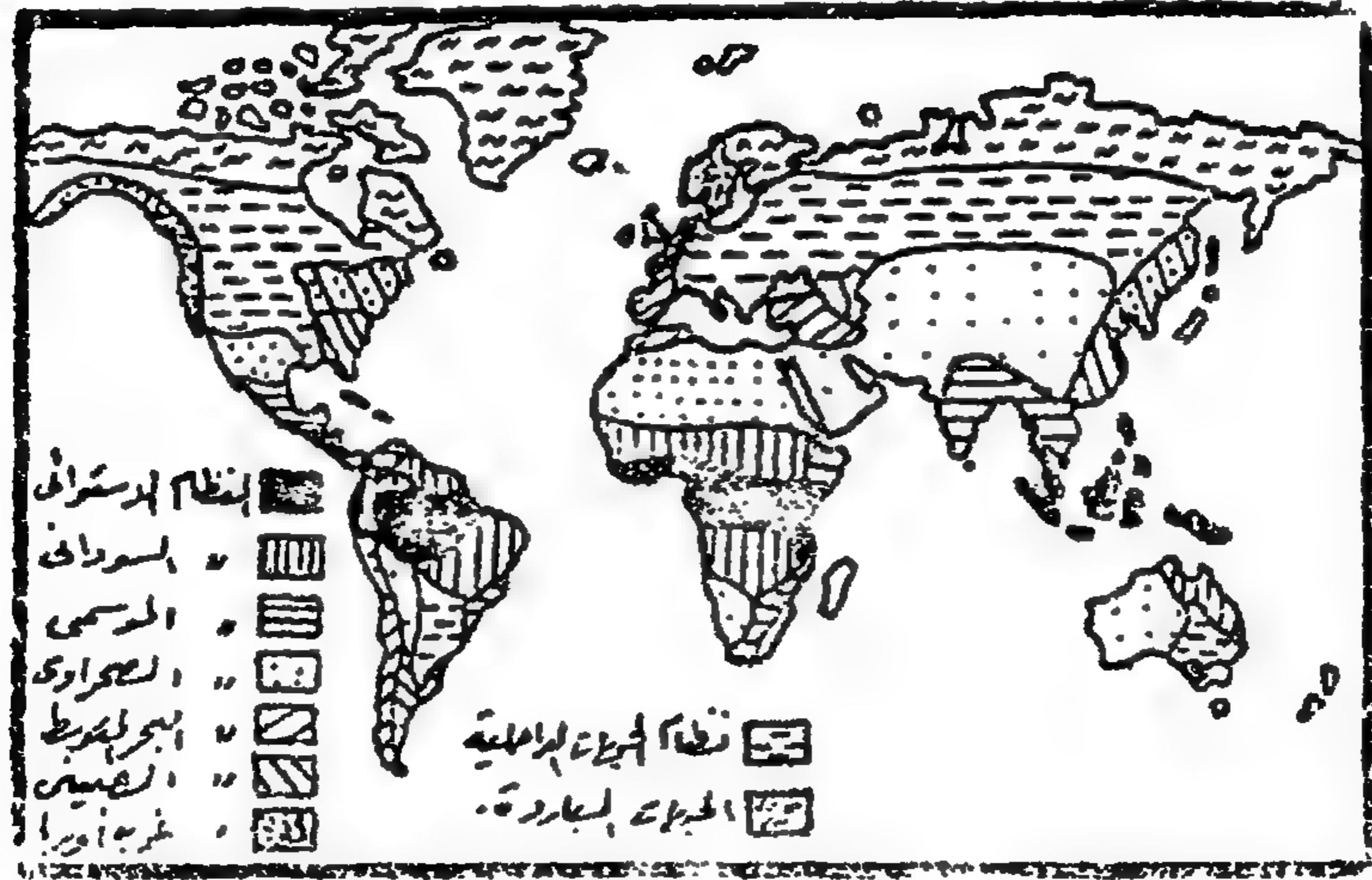
يوجد هذا النظام فى غرب القارات بين خطى عرض ٣٠° - ٤٠° شمالا وجنوبا وتسقط به الأمطار فى فصل الشتاء لاسيما فيما بين شهرى نوفمبر وفبراير ، بسبب هبوب الرياح الغربية العكسية والمنخفضات الجوية التى تصاحبها . ويبلغ متوسط كمية المطر فى السنة نحو نصف متر . وفصل الصيف جاف نظرا لهبوب الرياح التجارية الجافة . ويتمثل هذا النظام فى الأراضى المطلة على البحر المتوسط ، كما يتمثل فى كاليفورنيا ، ووسط شيلي ، وجنوب غرب كل من استراليا وأفريقيا .

## ٨ - النظام الصيني :

ويوجد في شرق القارات بين خطى عرض  $30^{\circ}$  -  $40^{\circ}$  شمالا وجنوبا ،  
 أى في نفس عروض نظام البحر المتوسط . لكن الأمطار تسقط هنا طول  
 العام ، وأكثرها في فصل الصيف بسبب هبوب الرياح الموسمية ، أما في  
 الشتاء فبسبب وجود انخفاضات جوية . ويسود هذا النظام جنوب ووسط  
 الصين ، وجنوب شرق الولايات المتحدة . ويتراوح المعدل السنوى للأمطار  
 في هذا النظام بين متر واحد ومترين .

## ٩ - نظام غرب أوروبا :

ويوجد هذا النظام فيما بين خطى عرض  $40^{\circ}$  -  $60^{\circ}$  شمالا وجنوبا على  
 السواحل الغربية للقارات كغرب أوروبا وغرب أمريكا الشمالية الى الشمال  
 من كاليفورنيا . وتسقط به الأمطار طول العام بسبب الرياح الغربية التي  
 تهب على هذه السواحل من ناحية البحر ، وتشتد الأمطار في الخريف  
 والشتاء بسبب كثرة ورود الأعاصير . ويبلغ مجموع المطر السنوى به ما يقرب  
 من ٢ متر في المتوسط .



تسنى رقم (٧٥) نظم المطر في العالم

## ١٠ - النظام اللورنسي :

ويسود في شرق القارات بين خطى عرض  $40^{\circ}$  -  $60^{\circ}$  شمالا وجنوبا ،  
 أى في نفس عروض نظام غرب أوروبا (لكن في شرق القارات) . وتسمى  
 بذلك نسبة الى حوض نهر سانت لورنس بشمال شرق أمريكا الشمالية حيث  
 يتمثل به هذا النظام خير تمثيل . ومطره يسقط طول العام ، ويزداد في  
 فصل الصيف .

## ١١ - نظام الجهات الداخلية :

ويوجد هذا النظام في داخل القارات ، والأمطار قليلة في جملتها ، وإذا سقطت فإن غالبيتها يكون في فصل الصيف ، بسبب التيارات الهوائية الصاعدة التي تنشط في الفصل الحار . ويظهر هذا النظام في شرق أوروبا ، والسهول الوسطى بأمريكا الشمالية .

## ١٢ - نظام الصحارى الداخلية المعتدلة :

ويوجد في الجهات الداخلية من القارات في مجال عروض هبوب الرياح العكسية ، فيوجد في وسط آسيا الى الشرق من بحر قزوين . ولا تسقط الأمطار الا اذا نجحت الرياح العكسية وأعاصيرها في الوصول اليها ، وهذا لا يحدث الا قليلا .

## ١٣ - الصحارى الباردة أو الجليدية :

وتسود في شمال القارات بالنصف الشمالى من الكرة الأرضية على الخصوص ، حيث تشتد البرودة في المناطق القطبية طول العام ، والمطر نادر بسبب ارتفاع الضغط ، وشدة البرودة التي تساعد الهواء على حمل بخار الماء . ويسقط المطر القليل (نحو ٢٥ سم) في فصل الصيف القصير الذي لا يتعدى شهرا أو شهرين فيهما ترتفع الحرارة فوق الصفر بقليل .

## خرائط الطقس :

توضح خرائط الطقس حالة الجو في اقليم ما لمدة قصيرة قد تكون يوما أو يومين ، وتنبأ بما عسى أن يطرأ على هذه الحالة من تغير في اليوم التالى أو اليومين التاليين ، ولذلك فهي تصدر كل يوم .

ولقد أصبح في مقدور العاملين بدراسة الأرصاد الجوية أن يتنبأوا بحالة الطقس . فمثلا في استطاعتهم أن يتنبأوا عما اذا كانت درجة الحرارة سترتفع أو تنخفض في اليوم التالى ، أو ستبقى على ما هى عليه . وكذلك الحال بالنسبة للضغط الجوى ، كما أنه في استطاعتهم أن يتنبأوا باتجاه الرياح ، والآخر الذى ستحدثه في الحالة الجوية ، مثل رفع درجة الحرارة أو تلطيفها ، أو أنها ستثير الاثرية والغبار ، بالإضافة الى استطاعتهم أن يتنبأوا بصفاء السماء وخلوها من السحب أو أنها ستكون ملبدة بها ، وبما اذا كانت الأمطار ستسقط أم لا ، وكذلك التنبؤ بالاماكن التي ستسقط عليها .

ونظرا لدقة دراسة العناصر المناخية من حرارة وضغط ورياح ومطر ... الخ . بواسطة الأجهزة الحديثة مثل الاقمار الصناعية ، فقد أصبح من النادر أن ترد أخطاء في التنبؤات الجوية .

ويراعى المتنبئون الجويون عند تنبؤهم بحالة الجو الأمور الآتية :

١ - الامام بالحالة الجوية العامة للاقليم ، وذلك عن طريق دراسة



شكل رقم (٧٦)

خريطة من خرائط الطقس التي تصدرها مصلحة الأرصاد الجوية المصرية



الأرصاد المختلفة التي تسجلها المراصد في الاقاليم والاقاليم المجاورة له ،  
ودراسة المتوسطات التي تستنتج من هذه الأرصاد .

٢ - الامام بالحالة الجوية الخاصة بالاقليم ، مثل معرفة خطوط سير  
المنخفضات الجوية وآثارها المناخية . فمن المعروف أن هذه المنخفضات  
لها أثرا كبيرا في الحالة الجوية ، إذ أنها تسير من الغرب الى الشرق فتتغير  
الحالة الجوية مع تحركها تبعا لموقع المنخفض والطريق الذي يسلكه .

وبين الشكل (٧٦) خريطة الطقس التي تصدرها مصلحة الأرصاد الجوية في  
صباح كل يوم ، ومنها يمكن أن نوضح المعلومات المدونة فيها على النحو الآتي:

١ - تقدر درجة الحرارة بالدرجات المئوية بجوار رمز المحطة وهو  
عبارة عن دائرة بجوارها رقم المحطة الدولي .

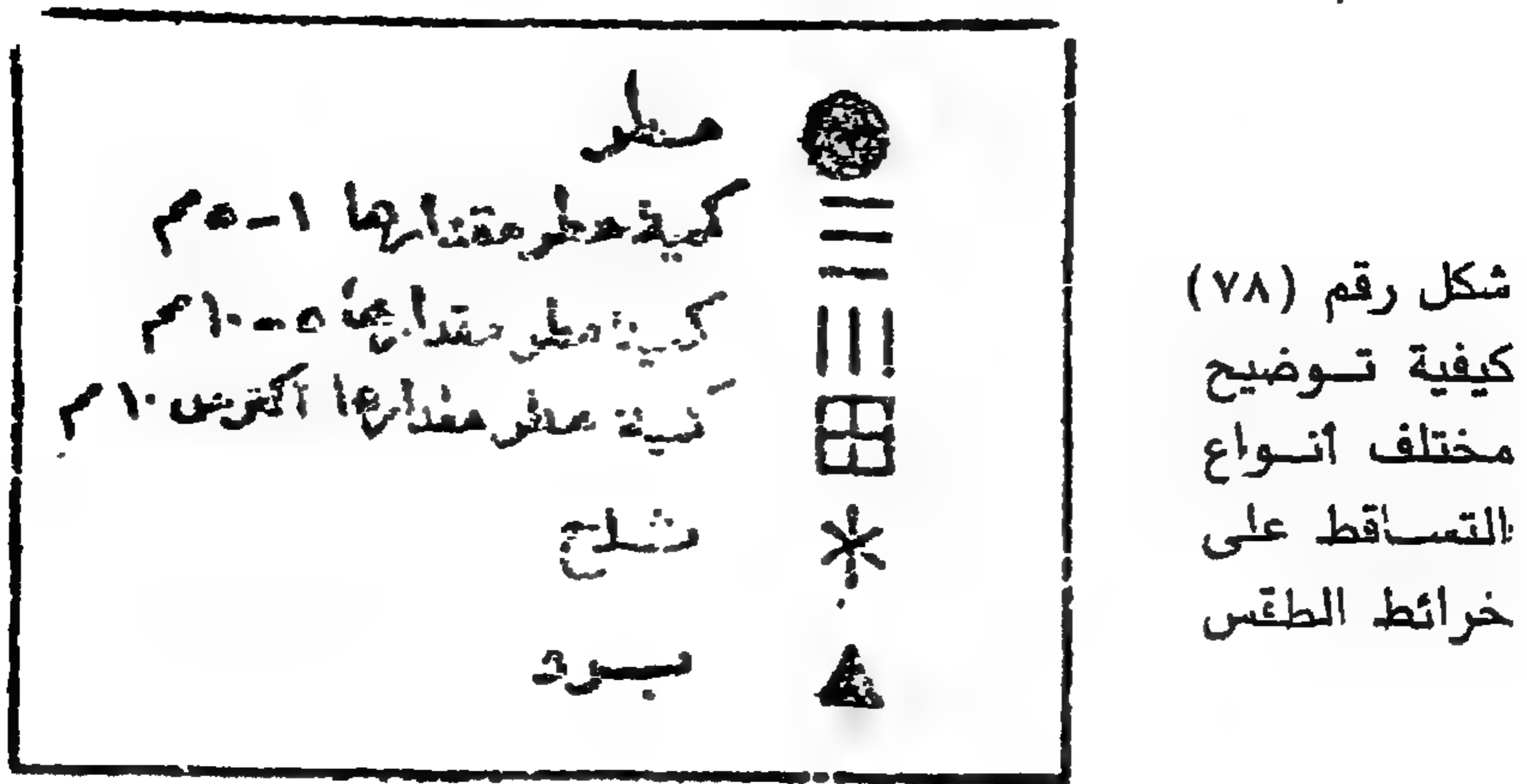
٢ - يقدر الضغط الجوي بالمليبار ، ويوضح على الخريطة بخطوط  
على خطوط الضغط الجوي المتساوي ، بحيث يكون الفرق بين كل خط وآخر  
يليه ٢ مليبار .

٣ - يبين اتجاه الرياح بواسطة سهم تتجه مع اتجاه الرياح ، وتبين  
عليها السرعة بواسطة شرط قصيرة ترسم في ذيل السهم شكل (٧٧) .

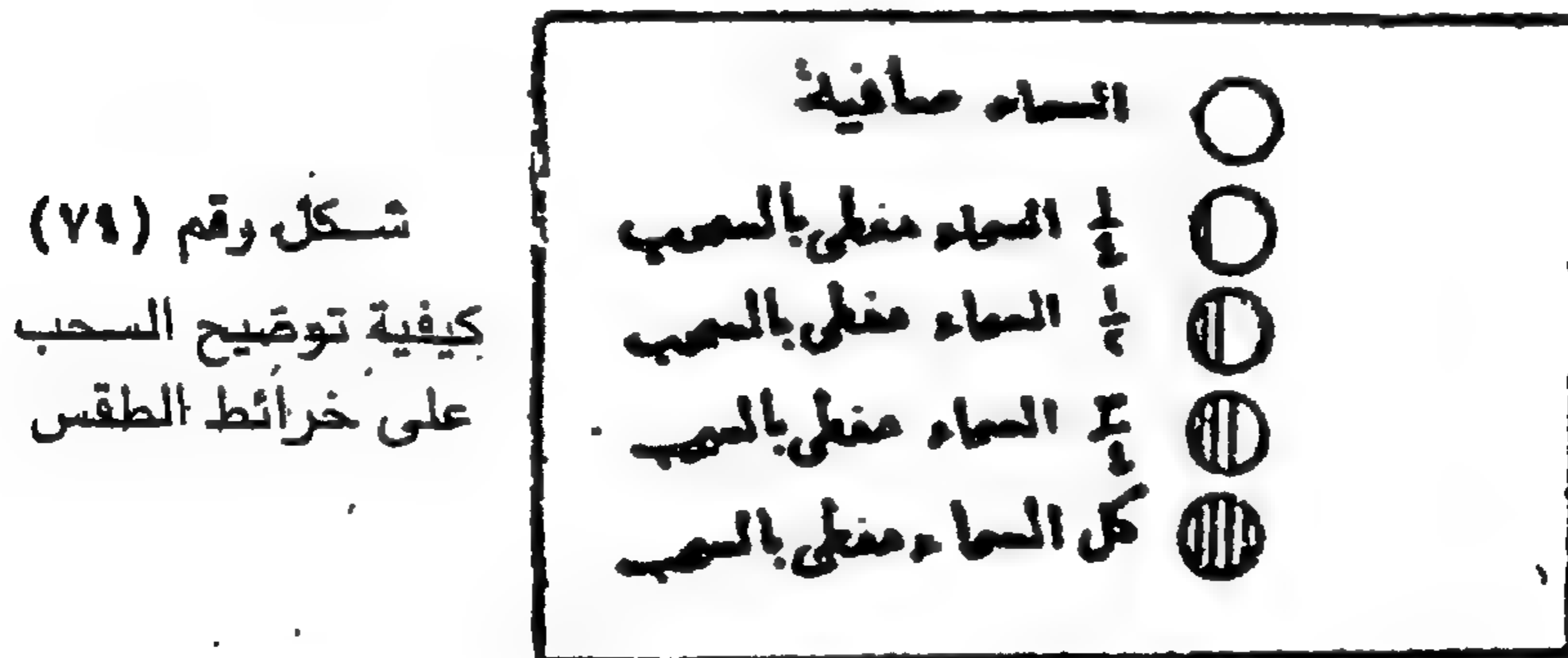
من ٠ الى ١ كيلو متر في الساعة	
من ٢ الى ٦ » »	
من ٧ الى ١٢ » »	
من ١٣ الى ١٨ » »	
من ١٩ الى ٢٦ » »	
من ٢٧ الى ٣٥ » »	
من ٣٦ الى ٤٤ » »	
من ٤٥ الى ٥٤ » »	
من ٥٥ الى ٦٥ » »	
من ٦٦ الى ٧٧ » »	

شكل رقم (٧٧) كيفية توضيح اتجاه وسرعة الرياح على خرائط الطقس

٤ - يوضح التساقط بأنواعه المختلفة بواسطة علامات اصطلاحية  
شكل رقم (٧٨) .



٥ - السحب وتبين داخل دائرة المحطة بواسطة شرط رأسية شكل  
رقم (٧٩) .



#### طريقة رسم خريطة الطقس :

لعمل خريطة الطقس لابد من توفر مجهود عظيم ومنظم ، ولابد من وجود عدد كبير من محطات الأرصاد الجوية موزعا توزيعا فوق مساحة واسعة داخل الدولة . وبالنسبة لجمهورية مصر العربية ، نجد الاهتمام يزداد بجمع الأرصاد من المحطات الجوية التي توجد في الغرب ، إذ أنه من ذلك الاتجاه تأتي المنخفضات الجوية التي تؤثر في جو الجمهورية خلال فصلى الشتاء والربيع ، وما يصاحبها من مظاهر جوية .

ويجب أن تمر خريطة الطقس بثلاث مراحل هي :

#### المرحلة الأولى :

١ - مرحلة جمع البيانات الخاصة بالأرصاد الجوية في مختلف مرصد

المنطقة ، سواء من داخل الدولة أو خارجها ، وخاصة المناطق التى تؤثر وتتأثر بطقس الدولة . فمثلا تضم خريطة الطقس فى مصر كل شمال أفريقيا ، الى جانب الجزء الجنوبى من أوروبا بالإضافة الى الجزء الجنوبى الغربى من قارة آسيا .

### المرحلة الثانية :

وفى هذه المرحلة يتم توقيع البيانات السابق جمعها كل فى مكانه بجوار محطات الرصد ، وذلك باستخدام الرموز والشفرات السابق دراستها .

### المرحلة الثالثة :

وتعتبر هذه المرحلة أخيرة وتختص بالتنبؤ بحالة الطقس فى يوم أو فى يومين متتاليين . وتبدأ هذه المرحلة برسم خطوط الضغط المتساوى ، ثم تحديد خط سير المنخفضات ، ودراسة اتجاهات الرياح ، وتوزيع درجة الحرارة والسحب الى غير ذلك من عناصر الطقس .

ولابد أن يشرف على محطات الأرصاد الجوية ويقوم بتسجيل الأحوال الجوية فيها وتبليغها الى المركز الرئيسى أشخاص مدربين تدريباً جيداً ، وعندما تتجمع البيانات لابد من رسم خريطة سريعة ونشرها فى وقت قصير ، والا فقدت قيمتها والفائدة المرجوة منها . وأخيراً لابد أن يقوم المتنبئون الجويون بإبلاغ التنبؤات للجهات المختلفة التى يهمها الأمر .

### الثلج :

هو مظهر من مظاهر التكاثف فى طبقات الجو العالية ، وشكل من أشكال التكاثف الصلبة ، الذى يتم عندما تصل درجة الندى درجة الصفر وما دونها . فعندما تنخفض درجة حرارة بعض السحب الطبقيّة المتوسطة أو المزن الطبقي الى ما دون درجة التجمد ، فإن قسماً من بخار الماء الذى يكونها يتكاثف حول نويات التكاثف الثلجى ، فى شكل بللورات ثلجية رقيقة تكبر عن طريق الالتحام ببعضها .

ويتألف الثلج من بللورات رقيقة مختلفة الشكل سداسية الأضلاع منبسطة أو مسطحة ، ويصل قطر البلورة نحو سنتيمتر ، وعندما تلتحم البللورات ببعضها فإن القطر يزداد ليصل الى نحو ٢.٥ سم ، وعندئذ لا يقوى الهواء على حملها فتساقط على سطح الأرض ، ويشترط عند سقوطها انخفاض درجة الحرارة الى ما دون ٤ درجة مئوية ، وكلما انخفضت درجة الحرارة كلما ازدادت امكانية سقوط الثلج . ولهذا فإن العواصف الثلجية فى الجهات المعتدلة تقترن بالجهات الهوائية الباردة .

ويندر سقوط الثلج Snow فى المناطق المدارية ، لكنه مظهر من مظاهر التكاثف الذى يشيع فى الأقاليم المعتدلة الباردة والأقاليم الباردة . ويزداد

التساقط على هيئة ثلج بالابتعاد عن دائرة الاستواء تجاه القطبين أفقيا .  
ورأسيا بالارتفاع فوق سفوح الجبال ، خصوصا في الجهات المعتدلة الباردة  
والباردة .

وعندما تتساقط الثلوج بكثرة وتتراكم فوق سطح الأرض البارد ، فإنها  
تكون في البداية هشة لاحتوائها على هواء وفراغات بينية ، لكنها ما تلبث  
أن تتضاعف وتتماسك خصوصا مع ازدياد التساقط والتراكم ويلوغها سمكا  
قد يصل الى عدة أمتار ، وعندئذ تتحول الثلوج الى جليد Ice صلب .

وتتباين مدة بقاء الثلوج أو الجليد على سطح الأرض تبعا لعدد من  
العوامل الرئيسية هي :

١ - درجة العرض ، فيطول بقاؤها على سطح الأرض بالاتجاه نحو  
القطبين .

٢ - كمية التساقط وفصل سقوطها، فكلما زاد التساقط غزارة، واقترن  
موسمه بالفصل البارد من السنة كلما طال بقاء الغطاء الثلجي أو الجليدي .

٣ - مدى الارتفاع ، اذ يطول بقاء الثلوج فوق قمم الجبال ، وقد  
تبقى فوقها مكونة قلنسوة جليدية دائمة . وقد تبين أن مدة بقاء الغطاء  
الثلجي على جبال الألب تزداد عشرة أيام مع كل ارتفاع مقداره ١٠٠ م .

#### خط الثلج الدائم Snow-Line :

هو الخط الذي يبقى بعده الثلج موجودا طوال العام . ويختلف مداه  
أو موقعه من مكان لآخر تبعا لعوامل معلومة هي ذاتها التي تؤثر في سقوطه  
ومدة بقاءه على سطح الأرض ، مثل دائرة العرض وغزارة التساقط وفصليته  
ومدى ارتفاع المكان .

فخط الثلج يكون قرب مستوى البحر في الأراضي السهلية داخل الدائرة  
القطبية ، بل هو دون منسوب البحر حول القارة القطبية الجنوبية (قارة  
أنتاركتيكا) ، لكنه في النطاق الاستوائي يرقى لارتفاع يزيد على ٤٧٠٠ متر،  
ويهبط لمنسوب ٥٠٠ متر في المناطق الواقعة بين دائرتي عرض ٧٠ - ٨٠°  
شمالا، وإلى الشمال من دائرة العرض ٨٠° شمالا يصبح عند منسوب البحر .  
وينخفض منسوب خط الثلج الدائم على سفوح الجبال المعرضة لهبوب الرياح  
الماطرة ، وعلى السفوح الشمالية التي لا تتعرض للأشعاع الشمسي المباشر .

وقد تراكمت الثلوج على مر السنين فوق مساحات هائلة من اليابس مكونة  
لغطاءات جليدية عظيمة السمك مثل الغطاء الجليدي الضخم الذي يغطي  
قارة أنتاركتيكا والغطاء الجليدي فوق جزيرة جرينلاند ، إضافة الى الجليد  
الهضبي فوق أسكنديناوه ، والقلنسوات الجليدية الفسيحة فوق قمم السلاسل  
الجبلية الشاهقة كالهيمالايا والألب والروكي والأنديز .



## آثار الثلوج السلبية والايجابية :

### الآثار السلبية :

١ - يؤدي انصهار الثلوج أو الجليد فوق قمم الجبال في فصل الربيع والصيف الى حدوث انهيارات جليدية ، وإلى فيضان الأنهار التي تنبع في حقول الثلج بالجبال .

٢ - يؤدي تساقط الثلوج في السهول والمناطق الاهلة بالسكان الى احداث أضرار مادية مثل قطع اسلاك البرق ، واغلاق الطرق البرية مما يسبب تعطل سبل المواصلات .

٣ - لتساقط الثلوج آثار سلبية على المزروعات التي قد يصيبها التلف .

### الآثار الايجابية :

١ - يرتبط بتساقط الثلوج وتكوينها لغطاءات جليدية في المناطق الجبلية سياحة الترحلق على الجليد وأنواع الرياضة المتصلة بها ، وتلك مصدر هام للدخل القومي لكثير من الأقطار الجبلية مثل أقطار وسط أوروبا .

٢ - حينما تتساقط الثلوج فوق أراضي المراعى في الشتاء،فانها تشكل غطاء واقيا للتربة ، لأنه موصل رديء للحرارة ، فيمنع الاشعاع الحرارى الأرضي من الهروب من التربة كما يمنع برودة الجو من النفاذ خلاله الى التربة ، فيقيها من التجمد .

٣ - المياه الناجمة عن انصهار الثلوج تغذى الروافد الجبلية التي ترفد كثيرا من الأنهار الكبرى كالراين والرون والدانوب في أوروبا ، والمسيبى ورافده المسورى في أمريكا الشمالية .

٤ - انصهار الثلوج في الربيع وأوائل الصيف وتحولها الى مياه مهم للغاية في ترطيب التربة ، وسقاية المزروعات لحين سقوط أمطار الصيف .

### البرد :

يحدث البرد Hail نتيجة لتكاثف بخار الماء في سحب المزن الركامى التي تمتاز بسمكها الكبير ، ويغناها ببخار الماء ، وبنشاط عظيم للتيارات الهوائية .

وتعتمد النظرية التقليدية لتكون البرد على نشاط التيارات الهوائية في سحب المزن الركامى . فيتكاثف بخار الماء في شكل قطرات صغيرة من الماء ، لا تلبث أن تتجمد في هيئة كرات صغيرة من الثلج بسبب شدة البرودة،فتبدأ في السقوط الى سطح الأرض بسبب ثقلها ، الا أنها ترتفع مرة ثانية

بواسطة التيارات الهوائية الصاعدة الى داخل سحب المزن الركامى الغنى ببخار الماء ، فتتكثف حولها من جديد طبقة أخرى من الماء المتجمد . وهكذا تعاد هذه العملية عدة مرات الى أن تكبر أحجامها بالقدر الذى لا تقوى معه التيارات الهوائية الصاعدة على حملها ، فتسقط على سطح الأرض بفعل ثقلها . ويبلغ معدل قطر الواحدة من حبات البرد نحو ٥ راسم ، وأحيانا يتضخم ليصل الى نحو ١٠ سم ، وعندئذ تسمى أحجار البرد . Hailstones

ونظرا لأن التجارب العملية لم تؤكد هذه النظرية ، فقد ظهرت أفكار حديثة تفسر تكون كرات البرد بتكاثف مزيد من قطرات الماء المتجمدة في المستويات العليا من سحب المزن الركامى حول نويات تكاثف ثلجية . إضافة الى أن قطرات الماء الصغيرة في السحاب تتجمد عند ارتفاعها وتنمو مكونة للبرد عن طريق الالتحام ببعضها .

ولكى يتكون البرد في سحب المزن الركامى لابد من توافر عدد من الشروط أهمها أن توفر حالة من الاضطراب وعدم الاستقرار الجوى ، وكثرة بخار الماء في الطبقة السفلى من الغلاف الجوى ، واشتداد نشاط التيارات الهوائية الصاعدة مع انخفاض شديد في درجات الحرارة .

وسقوط البرد في الجهات القطبية أمر نادر الحدوث ، لأن تكونه وسقوطه يتطلب نشاطا في تيارات الهواء الصاعدة ، وهذا شرط لا يتوفر في الجهات القطبية . كما أنه لا يسقط أيضا في المناطق الاستوائية رغم توفر نشاط التيارات الهوائية الصاعدة وسحب المزن الركامى . وسبب ذلك ارتفاع حرارة الهواء ، التى تصهر حبات البرد قبل وصولها الى سطح الأرض .

ويكثر سقوط البرد في الأقاليم المعتدلة التى تقع بين دائرتي عرض ٣٠ - ٦٠ درجة ، وذلك لتوفر شروط تكونه وسقوطه . وهو أكثر سقوطا فوق المدن منه فوق الريف ، لأن أجواء المدن تزخر بنويات التكاثف المتميعة ونويات التكاثف الثلجية . ويتركز سقوط البرد في أجواء شرقى البحر المتوسط ، ومنها سواحل مصر الشمالية ، في فصل الشتاء ، خصوصا في شهر فبراير ويناير على الترتيب . ويغلب سقوطه بعد الظهر ، لأن سطح الأرض يكون قد وصل الى أوج حرارته ، وتكون التيارات الهوائية الصاعدة على أشدها . هذا ويكثر سقوط البرد في المناطق المعتدلة مثل وسط أوروبا وغربها في الربيع والصيف .

## الفصل الحادى عشر

### تقسيم العالم الى اقاليم مناخية

- التعريف بالاقليم المناخى ، وطبيعة الحدود بين الاقاليم المناخية .

- أهداف التقسيمات المناخية وتعددتها .

فئات التقسيم :

اولا : التقسيمات التجريبية .

ثانيا : التقسيمات الاصولية .

ثالثا : التقسيمات البشرية .

اولا - التقسيمات التجريبية :

تقسيم سويان - تقسيم دى مارتون - تقسيم كوبين - تقسيم

تريوارثا - تقسيم ثور نثويت .

ثانيا - التقسيمات الاصولية :

تقسيم بوديكو - تقسيم فلون .





## تقسيم العالم الى اقاليم مناخية

يهتم علم الجغرافيا اهتماما كبيرا بدراسة وتحديد أنماط التباين المكانية على سطح الأرض ، فيوضح أوجه الشبه وجوانب الاختلاف ، ويحدد العوامل والعمليات التي أثرت في تكوين تلك الأنماط . وتقوم التقسيمات المناخية على جمع البيانات الخاصة بأحوال الجو وترتيبها وتنسيقها وتصنيفها في مجموعات ، كل مجموعة منها تختلف عن الأخرى ، وتمثل نوعا مناخيا معلوما يسود اقليما معينا يختص به .

ولا شك أن التوزيع الجغرافي للمناخ يتأثر بضوابط معلومة أهمها الموقع الفلكي بالنسبة لدوائر العرض ، والموقع الجغرافي بالنسبة لليابس والماء ، والارتفاع عن سطح البحر ، ومدى تضرر الاقليم ، ونوع التربة ، والحياة النباتية السائدة ، وكلها عوامل تخلق لكل مساحة من سطح الأرض نوعا مناخيا سائدا له خصائص ومميزات في أحوال جوه تميزه عن غيره .

ولا شك أن أحوال الجو تختلف من مكان لآخر ، وهذه الاختلافات المكانية في أحوال المناخ يستحيل معها أن يتشابه مكانان في مميزاتها المناخية تشابها كاملا . ولهذا فإن التقسيم أو التصنيف المناخي Classification of Climatic Regions الذي يهدف الى تقسيم العالم الى اقاليم مناخية ينبغي أن يقوم على التعميم ويعتمد على أوجه الشبه الرئيسية ، ويتجاوز عن الاختلافات الثانوية والخصائص التفصيلية .

والاقليم المناخي مساحة من سطح الأرض تتشابه فيها عناصر الجو وظواهره من حرارة وضغط ورياح وتساقط . ويضم الاقليم المناخي الواحد مناطق بعيدة عن بعضها ، لكنها تشترك في الموقع بالنسبة لدوائر العرض ، وبالنسبة لكتل اليابس أو القارات . وتنبع أهمية أي تقسيم مناخي من أهمية العناصر المناخية التي يعتمد عليها ، مثل عنصر الحرارة وعنصر المطر ، إضافة الى قدرته على التعميم والإيجاز ، كما ينبغي أن يكون واضحا وسهلا حتى يسهل فهمه وتطبيقه فيشيع استعماله .

والحدود بين الأقاليم المناخية ليست خطوطا فاصلة حادة ، إلا حيثما وجدت بعض الظواهر التضاريسية الكبرى كالسلاسل الجبلية المتصلة التي تجعل الانتقال من اقليم لآخر على كلا جانبيها انتقالا فجائيا حادا ، فالقاعدة العامة أن الانتقال من اقليم مناخي لاقليم مناخي آخر يتم بصورة تدريجية ، بحيث نجد منطقة انتقالية تفصل بين اقليمين متجاورين أو أكثر ،

فيها خصائص وصفات تلك الأقاليم مجتمعة . ومع تسليمنا بتلك الحقيقة ، فإن تمثيل هذه الحدود على الخرائط بخطوط هو أنسب الطرق وأكثرها ملاءمة .

### أهداف التقسيمات المناخية وتعددتها :

تختلف الأسماء التي تبني عليها التقسيمات المناخية تبعاً للأهداف التي نرمى إليها عند التقسيم ، وهذه نجملها في نقطتين :

الأولى : توضح الخصائص المميزة لأنواع المناخ .

والثانية : توضح العوامل التي تؤدي إلى تكوين كل نوع من أنواع المناخ.

وتبعاً لاختلاف الأهداف تعددت التقسيمات المناخية التي يمكن حصرها في ثلاث فئات هي :

#### ١ - التقسيمات التجريبية Empirical :

وهي التي تعنى بتوضيح الخصائص المميزة لأنماط المناخ دون الاهتمام بالعوامل التي تؤدي إلى ظهورها ، أو الضوابط التي تتحكم فيها . وتحاول هذه التقسيمات أن تستنبط علاقات تجريبية تربط بين التوزيع الجغرافي لبعض مكونات البيئة مثل النبات الطبيعي وعناصر المناخ كالحرارة والمطر على وجه الخصوص . فهي إذن تقسيمات تطبيقية تهتم بتحديد الأقاليم المناخية ودورها في تقرير اختلافات البيئة ، ولا تهتم بتفسير أسباب التباين المناخي .

ومن التقسيمات المناخية التجريبية ما اعتمد على عنصر واحد وهو الحرارة ، وهي تقسيمات قديمة ، مثل تقسيم الأوغريك القديم ، وتقسيم سوبان Supan سنة ١٨٩٦ ، وتقسيم دي مارتون E. De Martonne عام ١٩٢٥ . بينما اعتمدت تقسيمات أخرى على الجمع بين أكثر من عنصر مثل تقسيم كوبن W. Köppen سنة ١٩٣١ ، وتقسيم ميللر A. Miller عام ١٩٣١ ، وتقسيم تريوارثا G. Trewartha سنة ١٩٣٧ ، وتقسيم ثورنثويت W. Thornthwaite عام ١٩٤٨ . وتجمع هذه التقسيمات بين المطر ودرجة الحرارة لتحديد ما يعرف بفاعلية المطر أو التساقط Effectiveness of Precipitation كما اهتم تصنيف ثورنثويت بتحليل العلاقة بين المطر والتبخر الكامن ، وتقدير التغير الذي يصيب محتوى التربة من الرطوبة .

#### ٢ - التقسيمات الأصولية Genetic :

وهي التي تهدف إلى تحديد العوامل المناخية Climatic Controls التي تؤثر على المناخ وتؤدي إلى تكوين نوع أو نمط معين مثل الكتل الهوائية كتقسيم فلون H. Flohn سنة ١٩٥٠ ، وتقسيم أوليفر J. Oliver

سنة ١٩٧٠ • ومثل الاشعاع الشمسى كتصنيف تيرجونج W. H. Terjung  
عام ١٩٧٠ ، وتصنيف بوديكو Budyko سنة ١٩٧٢ •

### ٣ - التقسيمات البشرية Human :

تعتمد التقسيمات البشرية على تحديد العلاقة بين الظروف المناخية وشعور الانسان بالراحة ، وهى قليلة العدد ، قليلة الاستعمال فى الدراسات الجغرافية ، وذلك لتعقدها وصعوبة تطبيقها ، بسبب كثرة المتغيرات وصعوبة قياس هذه المتغيرات بالوسائل الكمية • اضافة الى أن مفهوم الراحة وضوابطها أو العوامل التى تؤثر فيها تختلف من انسان لاخر تبعا لعوامل شخصية كالعمر ، والجنس ، والحالة الصحية ، والعادات الغذائية ، ونوع الملابس ، والمستوى المادى •

وقد أمكن تطوير بعض الأساليب المفيدة فى تحديد العلاقة بين الانسان والمناخ ، منها أسلوب الحرارة الفعالة Effective Temperature الذى استخدمه تيرجونج فى تقسيمه للأقاليم المناخية الفسيولوجية بالولايات المتحدة الأمريكية ، وتقسيم موندنر W. J. Maunder لأقاليم مناخ استراليا •

### التقسيمات المناخية التجريبية

#### تقسيم الاغريق القدامى :

اهتم رجال العلم منذ القدم بتصنيف المناخ وتقسيم العالم الى أقاليم مناخية • ولعل أقدم تقسيم يرجع الى الاغريق القدامى الذين تبينوا أن الحرارة عامل مهم يتحكم فى توزيع الأنواع المناخية • فقسموا العالم الى ثلاثة أقاليم تتمثل فى نصفى الكرة الأرضية وهى :

- ١ - الاقليم الحار : الذى ترتفع فيه درجة الحرارة طول السنة ، ويتمثل فى المناطق المدارية • والسنة صيف حار دائم ، ولا تحوى فصل شتاء بارد •
- ٢ - الاقليم البارد : الذى تنخفض فيه الحرارة طوال السنة ، ويتمثل فى المناطق القطبية ، حيث السنة شتاء بارد دائم ، وحيث يختفى الصيف الدافئ •
- ٣ - الاقليم المعتدل : الذى يقع بين الاقليم الحار والاقليم البارد • وفيه تظهر جميع فصول السنة •

#### تقسيم سويان :

اقترح سويان Supan فى عام ١٨٩٦ تقسيم العالم الى ٣٥ قسما مناخيا ، هى فى الواقع أقاليم جغرافية فرعية ، ذلك أنه من الممكن ضم المتشابه منها ضمن اقليم واحد ، مثال ذلك الأقسام رقم ١٢ و ١٤ و ١٧ و ٣١ وهى على التوالي الصحراء الكبرى وصحراء كلهارى وصحراء استراليا وصحراء بيرو ،



فمن التأليف بينها لتدخل ضمن الاقليم الصحراوي ، وهكذا في عديد من الأقسام التي أوردها .

وعند تقسيمه العالم الى اقاليم حرارية اعتبر سويان خط الحرارة ٢٠ درجة مئوية كمتوسط سنوي حدا للمناخ الحار . ورأى اعتبار خط الحرارة ١٠ درجة مئوية كمتوسط حراري لأدفاً شهور السنة فاصلاً يحدد الاقليم القطبي .

#### تقسيم دي مارتون :

اعتمد العالم الفرنسي ايمانويل دي مارتون De Martonne عام ١٩٢٥ عند تقسيمه للعالم الى اقاليم مناخية كبرى على عنصر الحرارة مثل سابقه ، لكنه أخذ في الحسبان عناصر أخرى أهمها المطر من حيث كميته وفصليته عند تقسيمه للأقاليم الكبرى الى اقاليم فرعية . وفيما يلي عرض موجز لها :

الاقليم الحار (A) ويشمل الجهات الاستوائية والمدارية ، ولا يقل متوسط درجة حرارة أى شهر من شهور السنة فيه عن ٢٠ درجة مئوية .

#### وأقسامه كما يلي :

- ١ - المناخ الاستوائي - نوع غانة (A1) :  
ويتميز بصغر مداه الحراري ، وأمطاره طول السنة وتزداد في الاعتدالين .
- ٢ - المناخ الاستوائي - نوع الأوقيانوسية (A2) :  
استوائي جزري معتدل أو معدل عن النوع السابق .
- ٣ - المناخ السوداني - شبه الاستوائي (B1) :  
المدى الحراري السنوي أكبر من الاستوائي ، وفصل الشتاء فيه جاف ، والمطر صيفي .

- ٤ - المناخ السنغالي (B2) :  
مداه الحراري السنوي أكبر من السوداني ، فصل المطر الصيفي أقصر ، وفصل الشتاء الجاف أطول من السوداني .
- الاقليم الموسمي (B) . ويتأثر بهبوب الرياح الموسمية ، وتسقط أمطاره صيفا . وهذا بدوره ينقسم الى عدة أقسام تبعا لعامل المدى الحراري وكمية المطر الساقطة ، وقصر أو طول فصل سقوطه ، وهي :

- ١ - الموسمي نوع البنغال (B4) :  
المدى الحراري صغير ، والمطر غزير صيفا .
- ٢ - الموسمي نوع وسط الهند (B6) :  
المدى الحراري كبير نوعا ، والمطر أقل من نوع البنغال .



## الموسمى نوع الصين :

أمطاره طول العام ، صيفا بسبب الرياح الموسمية الصيفية ، وشتاء بسبب الرياح الموسمية الشتوية الآتية من داخلية آسيا .

اقليم البحر المتوسط أو المعتدل الدافئ (C) وفيه لا ينخفض متوسط الحرارة فى أى شهر من الشهور عن ١٠ درجة مئوية .

واقسامه كما يأتى :

١ - بحر متوسط نوع البرتغال (C2) :

معتدل الحرارة ، وأمطاره شتوية ، وقليل منها صيفا .

٢ - بحر متوسط نوع سوريا (C4) :

شديد الحرارة صيفا ، وقليل المطر شتاء .

الاقليم المعتدل البارد (D) : ويشتمل على فصل بارد ، ينخفض فيه متوسط الحرارة عن ١٠ درجة مئوية . واقسامه كما يلى :

١ - معتدل بارد بحرى - نوع بریتانى (D1) :

يسود غرب أوربا ، بحرى معتدل ، وأمطاره طول العام ، وتزداد شتاء .

٢ - معتدل بارد قارى - نوع بولندا (D3) :

مداه الحرارى السنوى كبير ، وأمطاره صيفية .

٣ - معتدل بارد قارى - نوع اوكرانيا (D5) :

مداه الحرارى السنوى كبير ، وأمطاره تصاعدية فى الربيع والصيف ، وهى تكفى نمو حشائش الاستبس .

٤ - معتدل بارد - نوع سواحل شرق القارات (D6 - D7) :

ويشمل سواحل منشوريا وكوريا وشمال الصين ، كما يشمل اليابان مع فارق الاعتدال بسبب طبيعتها الجزرية . وهو نوع موسمى خاص ، أمطاره صيفية ، وشتاؤه بارد جاف .

الاقليم البارد (G) : وفيه لا يرتفع متوسط أحر الشهور عن ١٠ درجة مئوية ، واقسامه كما يلى :

١ - البارد - نوع النرويج (G1) :

وهو نوع بحرى ، حرارته لا تنخفض عن الصفر المئوى ، وأمطاره طول العام ، وهى غزيرة خصوصا فى الخريف .

٢ - البارد - نوع سيبيريا (G2) :

وهو نوع قارى ، شديد البرودة شتاء ، ويسود شمال كندا ، وشمال أوربا شمال اسكنديناوه ، وشمال آسيا .

### ٣ - البارد - النوع القطبي (G3) :

يلى النوع السابق تجاه القطب . السنة شتاء طويل قارس البرودة ، ولا ترتفع الحرارة عن الصفر في أكثر من شهرين كل سنة . والتساقط قليل على هيئة ثلج .

الأقليم الصحراوي (F1) : ويتميز بعظم المدى الحراري ، وبالجفاف وأقسامه كما يلي :

#### ١ - صحراوي - نوع حار - نوع الصحراء الكبرى الإفريقية (E1) :

شديد الحرارة والجفاف ، ومداه الحراري اليومي والسنوي عظيم .

#### ٢ - صحراوي ساحلي - نوع صحراء بيرو (E2) :

ويتمثل في الجهات الصحراوية والمطلة على البحار ، ويتميز بحدوث الضباب بسبب وجود نسبة أكبر من بخار الماء .

#### ٣ - صحراوي بارد - نوع آرال (E-F) :

ويسود صحاري وسط آسيا ، وهو شديد البرودة شتاء .

المناخ الجبلي (H) : ويتمثل في الجهات الجبلية . وهو يختلف في خصائصه تبعا لموقع الجبال ، ومدى تعقد تضاريسها ، وتوجهات منحدراتها بالنسبة للإشعاع الشمسي ، وبالنسبة للرياح الماطرة .

وقسمه دي مارتون الى قسمين :

#### ١ - جبلي مداري - نوع كولومبيا (H1) .

#### ٢ - جبلي معتدل - نوع الألب (H2) .

تقسيم تقسيم دي مارتون :

دي مارتون من الرواد الأول في محاولات تقسيم العالم الى أقاليم مناخية ، وقد أحسن استخدام حروف الأبجدية كبيرها وصغيرها لترمز الى الأقاليم الرئيسية والفرعية ، وقد سار معظم المؤلفين من بعده على هذا النهج . ولكن يؤخذ على تقسيمه استخدام عنصر مناخي واحد وهو الحرارة ، مما يوحي بأن التقسيم يقتصر على الأقاليم الحرارية ، كما أنه لم يلتزم في استخدامه لهذا العنصر على أساس ثابت ، فهو قد استخدم التباين في المتوسطات الشهرية لدرجات الحرارة عند تمييزه لبعض الأقاليم ، واستعمل الاختلاف في مقدار المدى الحراري السنوي عند تقسيمه للأنواع الثانوية للأقاليم الصحراوية ، واستخدام فصلية المطر في تمييزه للأقاليم الموسمية وبعض الأقاليم الثانوية .

## تقسيم كوبين :

نشر عالم المناخ الالماني فلاديمير كوبين عدة مؤلفات مناخية فيما بين عامى ١٩٠٠ و ١٩٣٦ ، ظهر فيها تقسيمه للعالم الى اقاليم مناخية فى عدة صيغ ، وكانت آخر صياغة له سنة ١٩٣١ متضمنة خريطته المشهورة لاقاليم العالم المناخية ، وذلك فى كتابه «قواعد علم المناخ» Grundriss der Klimakunde . وصدر له فيما بين عامى ١٩٣٠ - ١٩٣٣ كتاب من خمسة اجزاء باسم «المرجع فى علم المناخ» ثم كتاب «النظام الجغرافى للمناخ» سنة ١٩٣٦ .

ويبدو ان كوبين قد استوحى تقسيمه من دراساته المتعمقة فى فسيولوجية النبات ، وقراءته لأبحاث كل من دى كانول A. de Canolle (سنة ١٨٧٤) ودرود Drude فى الجغرافيا النباتية . ورأى بثاقب فكره ان النبات يمكن ان يكون وسيلة للتعبير عن المناخ ، لان الحدود التى تفصل بين الاقاليم النباتية التى اقترحها دى كانول هى فى الواقع حدود مناخية . وعلى غرار تقسيم دى كانول لاقاليم النبات فى العالم ، قسم كوبين مناخ العالم الى خمسة اقاليم رئيسية ، تقوم اربعة منها على اساس عنصري الحرارة والرطوبة بينما القسم الخامس وهو الاقليم الجاف يعتمد على الرطوبة وحدها .

وقد قسم كوبين كلا من الاقاليم المناخية الرئيسية الخمسة الى عدد من الاقاليم الثانوية ، واعتمد فى هذا التقسيم الى اقاليم ثانوية على كمية المطر وتوزيعه الفصلى . ويقسم كوبين الاقاليم الثانوية الى اقاليم ثانوية اخرى ، ويعتمد هذه المرة على التوزيع الشهرى لدرجات الحرارة .

وقد وضع كوبين بعض المعادلات التجريبية للتفريق بين اقليم المناخ الجاف والاقاليم الأربعة الأخرى الرئيسية ، وتعتمد هذه المعادلات على تحديد فاعلية المطر تبعا لموسم سقوطه ، ولذلك فهى تختلف باختلاف التوزيع الفصلى للمطر . فالأمطار التى تسقط فى فصل الشتاء البارد أكثر فاعلية من أمطار فصل الصيف الحار التى يتبخر منها قدر كبير بسبب شدة التبخر .

وبناء على هذا صاغ كوبين ثلاث معادلات للتمييز بين المناخ الجاف والمناخات الأخرى ، احداها عندما تكون الأمطار طول العام ، والثانية عندما تكون صيفية ، والثالثة عندما تكون شتوية .

— فعندما تكون الأمطار موزعة على مدار السنة ، يكون التفريق بين المناخ الجاف والمناخات الرئيسية الأخرى باستخدام المعادلة الآتية :

$$1 = \frac{P}{C}$$







- حيث ان (م) تمثل المعدل السنوي للمطر بالسنتيمتر .  
 و (ح) تمثل المعدل السنوي لدرجة الحرارة بالدرجات المئوية .  
 فاذا كان الناتج أقل من ( ١ ) يكون المناخ جافا ، واذا كان أكبر من ( ١ )  
 يكون رطبا .

– وحينما تكون الأمطار صيفية تستخدم المعادلة الآتية :

$$١ = \frac{م}{٧ + ح}$$

الرقم (٧) معامل ثابت ، ويمثل أدنى درجة حرارة يمكن أن يستفيد منها النبات عند سقوط الأمطار .

– حينما تتركز الأمطار في فصل الشتاء تستخدم المعادلة الآتية :

$$م = ٢ ح$$

ويمكن تلخيص الخصائص والمميزات العامة للأقاليم المناخية الخمسة الكبرى وأقسامها الثانوية التي ميزها كوبين فيما يلي :

**الاقليم الأول : المناخ المدارى الممطر (A) Tropical Rainy Climate**

ويرمز له بالحرف الكبير (A) . ويسود الأراضى التي تتميز بارتفاع الحرارة طول العام ، بحيث لا يقل معدل الحرارة في أى شهر من شهور السنة عن ١٨ درجة مئوية . كما يتميز بغزارة الأمطار :

وقد قسم كوبين هذا الاقليم الى ثلاثة أقاليم ثانوية على أساس كمية المطر وفصليته هي :

١ – اقليم المناخ المدارى الممطر ، (وهو المعروف بالمناخ الاستوائى) ويرمز له كوبين بالحرفين (AF) ويتميز بسقوط الأمطار طول العام ، ولا تقل كمية الأمطار الساقطة في أى شهر من شهور السنة عن ٦ سم ، وتنمو فيه الغابات الاستوائية الكثيفة. ويلاحظ في هذا الاقليم أن الحرارة مرتفعة والمطر غزير طوال السنة ، والتغير الذى يحدث فيهما طفيف على مدار السنة .

٢ – اقليم مناخ السافانا : ويرمز له كوبين بالحرفين (Aw) ، وبه فصل جاف هو فصل الشتاء ، وتقل الأمطار في بعض الشهور عن ستة سنتيمترات ، وهو عموما أقل مطرا من الاقليم الاستوائى ، لكنه يشبهه في ارتفاع الحرارة .

٣ – اقليم المناخ الموسمى : ويرمز له كوبين بالحرفين (Am) ، وهو أكثر أمطارا من مناخ السافانا ، وبه فصل جاف قصير لا يتعدى ثلاثة أشهر ، لكن الأمطار في باقى أشهر السنة غزيرة تعوض الجفاف وتكفى لبقاء رطوبة في التربة السفلى مما يسمح بنمو الغابات الموسمية المدارية الرطبة .

ونظرا للتشابه بين اقليمى مناخ السفانا والمناخ الموسمى فى التوزيع  
الفصلى للأمطار ، فان الفصل بينهما يتم عن طريق كمية ما يسقط من  
الأمطار اثناء السنة كلها وكمية المطر الساقطة فى أجف الشهور ، وذلك عن  
طريق المعادلة الآتية :

$$1 = 10 - \left( \frac{P}{25} \right)$$

حيث ان (1) تمثل المعدل الشهرى للأمطار فى أجف شهور السنة  
بالسنتيمتر ، وتمثل (م) المعدل السنوى للمطر بالسنتيمتر. فاذا كان المعدل  
السنوى للأمطار فى أجف الشهور أكبر من (م) يكون المناخ موسميا ، واذا  
كان هذا المعدل أقل من (م) فان نوع المناخ يكون مناخ السفانا .

وقد ميز كوبين ضمن هذه الأقاليم الثانوية أقاليم أخرى فرعية معتمدا  
فى ذلك على الاختلاف فى المسار الفصلى لدرجات الحرارة ، ومعدل درجة  
حرارة أبرد الشهور وأكثرها حرارة ، واستخدم فى التعبير عن تلك الأقاليم  
الفرعية رموزا أخرى كما يلى :

أ - المناخ المدارى الذى يكون فصل الصيف فيه هو فصل الجفاف ،  
ويرمز له بالحرفين (As) .

ب - المناخ المدارى الذى يقل فيه المدى الحرارى السنوى عن 5 درجة  
مئوية ، ويرمز له بالحروف (Ai) .

ج - مناخ سهول نهر الكانج حيث يسبق أحر الشهور موعده حدوث  
الانقلاب الصيفى ، ويتركز المطر فى أشهر الصيف .

**الاقليم الثانى - اقليم المناخ الجاف (B) Dry Climate :**

يتميز هذا الاقليم بارتفاع نسبة التبخر بحيث لا يفيض من الأمطار  
الساقطة ما يسمح بالجريان السطحى ولا بالبقاء فى التربة . ونبات هذا  
الاقليم فقير للغاية ، وتختلف كثافته من مكان لآخر تبعا للأمطار وقيمتها  
الفعلية التى ترتبط بالحرارة .

وقد قسم كوبين هذا الاقليم الذى يرمز له بالحرف الكبير (B) الى  
اقليمين ثانويين هما :

أ - اقليم المناخ الصحراوى الجاف، ويرمز له كوبين بالحرفين الكبيرين  
(BW) ، ويقسمه الى اقليمين فرعيين تبعا للحرارة على النحو الآتى :

أ - مناخ صحراوى جاف يزيد فيه المعدل السنوى للحرارة عن 18

درجة مئوية ، ويرمز له بالحروف (BWh) . وحرف (h) هو الحرف الأول من الكلمة الألمانية heiss بمعنى حار .

ب - مناخ صحراوي جاف يقل فيه المعدل السنوي للحرارة عن ١٨ درجة مئوية ، ويرمز له بالحروف (BWK) . وحرف (K) هو الحرف الأول من الكلمة الألمانية kalt بمعنى بارد .

٢ - اقليم المناخ الصحراوي شبه الجاف أو مناخ الاستبس ، ويرمز له كـوبين بالحرفين الكبيرين (BS) . ويقسمه الى اقليمين فرعيين تبعا للحرارة كالآتي :

أ - مناخ شبه صحراوي يزيد فيه المعدل السنوي للحرارة عن ١٨ درجة مئوية ورمزه الحروف (BSb) .

ب - مناخ شبه صحراوي يقل فيه المعدل السنوي للحرارة عن ١٨ درجة مئوية ورمزه الحروف (BSk) .

ويمكن التمييز بين اقليمي المناخ الصحراوي الجاف (BW) وشبه الجاف (BS) عن طريق استخدام المعادلات الثلاث التي سبق ذكرها ، والتي استخدمناها للتمييز بين المناخ الجاف والمناخ الرطب ، وذلك بعد أن نقسم كلا منها على اثنين بحيث تصبح على الأشكال الآتية :

$$\square \text{ عندما تكون الأمطار شتوية الموسم : } 1 = \frac{P}{C}$$

$$\square \text{ عندما تكون الأمطار صيفية : } 1 = 14 + \frac{P}{C}$$

$$\square \text{ عندما تكون الأمطار موزعة على مدار السنة : } 1 = 7 + \frac{P}{C}$$

فإذا كانت نتيجة أى من تلك المعادلات الثلاث أكثر من واحد ، فإن المناخ يكون شبه جاف أو مناخ استبس ، أما إذا كانت النتيجة أقل من الواحد فإن المناخ يكون صحراويا جافا .

الاقليم الثالث - اقليم المناخ المعتدل الرطب

: Humid Mesothermal Climate

ويرمز له كـوبين بالحرف الكبير (C) . وتتراوح حرارة أبرد الشهور فيه بين ١٨ و ٣ درجة مئوية . ويقسمه كـوبين الى ثلاثة اقاليم ثانوية تبعا لفصلية المطر هي :

١ - مناخ معتدل ممطر طول العام : ورمزه الحرفان (Cf) ، ويتميز

بان كمية الأمطار الساقطة في شهر من شهور السنة لا تقل عن ٣ سم ، وهو مناخ شرق القارات .

٢ - مناخ معتدل جاف صيفا : ورمزه الحرفان (Cs) ، وأمطاره شتوية ، وكميتها تزيد على ٧٠٪ من كمية الأمطار السنوية . وهذا هو إقليم مناخ البحر المتوسط . وفيه تزيد كمية امطار أكثر شهور الشتاء مطرا على ثلاثة أمثال امطار أجف شهور الصيف .

٣ - مناخ معتدل جاف شتاء : ورمزه الحرفان (Cw) وأمطاره صيفية . وفيه تزيد الأمطار في أكثر شهور الصيف مطرا على عشرة أمثال الأمطار التي تسقط في أجف شهور الشتاء . أو يكون نصيب امطار الصيف أكثر من ٧٠٪ من امطار السنة كلها (مناخ جنوب الصين) .

ويقسم كوبين هذه الأقاليم الثانوية للمناخ المعتدل الرطب الى أقاليم أخرى فرعية بحسب درجات الحرارة ، ويرمز لها بأحرف صغيرة على النحو التالي :

□ مناخ معتدل رطب صيفه حار ، حيث يزيد معدل درجة حرارة أحر شهور الصيف على ٢٢ درجة مئوية . ورمزه (a) يضاف الى الرموز السابقة .

□ مناخ معتدل رطب صيفه حار Cool : وفيه يقل متوسط أعلى الشهور حرارة عن ٢٢ درجة مئوية ويزيد المعدل الحرارى عن ١٠ درجة مئوية أثناء أكثر من أربعة أشهر ، ورمزه (b) يضاف الى الرموز السابقة .

□ مناخ معتدل رطب وصيفه قصير وبارد نوعا : وفيه يرتفع معدل الحرارة عن ١٠ درجة مئوية أثناء مدة تقل عن أربعة اشهر كل سنة ، ورمزه (c) يضاف الى الرموز السابقة .

□ مناخ معتدل رطب قمة مطره في أواخر الخريف وأوائل الصيف : ورمزه (x) يضاف الى الأحرف السابقة .

□ مناخ معتدل رطب يكثر به حدوث الضباب : ورمزه (n) الحرف الأول من الكلمة الألمانية nebel ومعناها ضباب، يضاف الى الأحرف السابقة .

الأقليم الرابع - إقليم المناخ البارد الرطب :

ويرمز له كوبين بالحرف الكبير (D) :

ويقسمه كوبين الى اقليمين ثانويين تبعا لنظام سقوط المطر هما :

١ - مناخ بارد رطب ممطر طول العام : ورمزه حرفان (Df) ويسود السواحل الغربية من القارات .

٢ - مناخ بارد رطب جاف شتاء : ورمزه (Dw) ، ويتمثل هذا النوع في



شمال شرق آسيا حيث يرابض ضغط جوى مرتفع طول العام. وتتجمد التربة في فصل الشتاء لشدة برودته. وتبقى الاراضى مغطاة بالثلوج عدة شهور . ويميز كوبين ضمن المناخ البارد عددا من الاقاليم الفرعية اهمها الاقليم الذى يرمز له بالحرف الصغير (d) مضافا الى الاحرف السابقة . وفيه تنخفض الحرارة انخفاضاً شديداً ، حيث يقل المعدل الحرارى لأبرد الاشهر عن ٣٨ درجة تحت الصفر المئوى .

#### الاقليم الخامس : اقليم المناخ القطبى Polar :

ويرمز له كوبين بالحرف الكبير (E) .

وهو الاقليم الذى لا يزيد المعدل الحرارى لأدغاً الشهور فيه على ١٠ درجة مئوية . ويقسم كوبين المناخ القطبى الى اقليمين ثانويين على أساس طول فصل النمو النباتى على النحو الآتى :

١ - اقليم مناخ التندرا : ورمزه الحرفان الكبيران (ET) ويتميز بفصل نمو قصير ، فيه ترتفع الحرارة عن الصفر المئوى فى مدة لا تزيد على ثلاثة اشهر ، لكنها لا تزيد على ١٠ درجة مئوية .

٢ - اقليم المناخ المتجمد أو المناخ الجليدى : ورمزه الحرفان الكبيران (EF) وينعدم فيه وجود فصل نمو نباتى، ذلك لأن حرارة جميع شهور السنة تنخفض الى ما دون الصفر المئوى . ويتمثل فوق مناطق الجليد الدائم .

#### تقييم تقسيم كوبين :

لقى تقسيم كوبين اقبالا شديدا لدى جمهوره علماء المناخ والجغرافيا المناخية منذ ظهوره وحتى وقتنا الحالى ، بحيث لا يخلو كتاب مناخى من شرحه شرحا وافيا ، كما تعتمد كل الدراسات المناخية الاقليمية ، لما لهذا التصنيف من مزايا أهمها ما يلى :

- ١ - يمتاز هذا التقسيم ببساطته ودقته وموضوعيته .
- ٢ - حسن اختيار صاحبه للاحرف كبيرها وصغيرها للتعبير عن الميزات المناخية للاقاليم الرئيسية والثانوية والفرعية .
- ٣ - رغم أن تصنيف كوبين تصنيف تجريبي ، فان حدود اقاليمه المناخية تتفق مع حدود اقاليم معظم التقسيمات الاصولية . فهو يجمع اذن بين مزايا التصنيفات التجريبية والاصولية كما يرى تريوارتا احد المعضدين لتقسيم كوبين .

وقد تعرض التقسيم لكثير من النقد الذى تعرضت له كل التقسيمات التى

تلتها سواء تلك التي اعتمدت عليه كتقسيم تريوارثا أو التقسيمات الأخرى  
الأصولية . ومن بين أوجه النقد ما يلي :

١ - إن وضع حدود فاصلة بين الأقاليم المناخية بدقة أمر صعب لسببين:  
الأول : أن التغير من إقليم لآخر يحدث بصورة تدريجية غير فجائية ،  
وبالتالي فهناك أقاليم أو مناطق انتقالية أهمها كوبين ، تفصل بين الأقاليم  
المناخية المتجاورة .

الثاني : النقص الكبير في عدد المحطات المنيورولوجية ، وبالتالي  
النقص في البيانات والمعلومات المناخية التي يمكن الاستناد إليها في وضع  
حدود فاصلة دقيقة بين مختلف الأقاليم المناخية .

٢ - اقترح كثير من البحوث تعديلات على الأقاليم الثانوية والفرعية  
بإضافة حروف تدل على زيادة أو نقص في الحرارة أو في المطر ، كما اقترح  
بعضهم تعديلات في المعادلات التي ميزها كوبين للتفريق بين مختلف الأقاليم .  
والواقع أن أي تقسيم معرض للتعديل في ضوء المعلومات والبيانات الجديدة ،  
بل أن كوبين قد أجرى مثل هذه التعديلات في مؤلفاته المتتالية . وليس أدل  
على أصالة تقسيم كوبين سعة انتشاره وتواصل استخدامه .

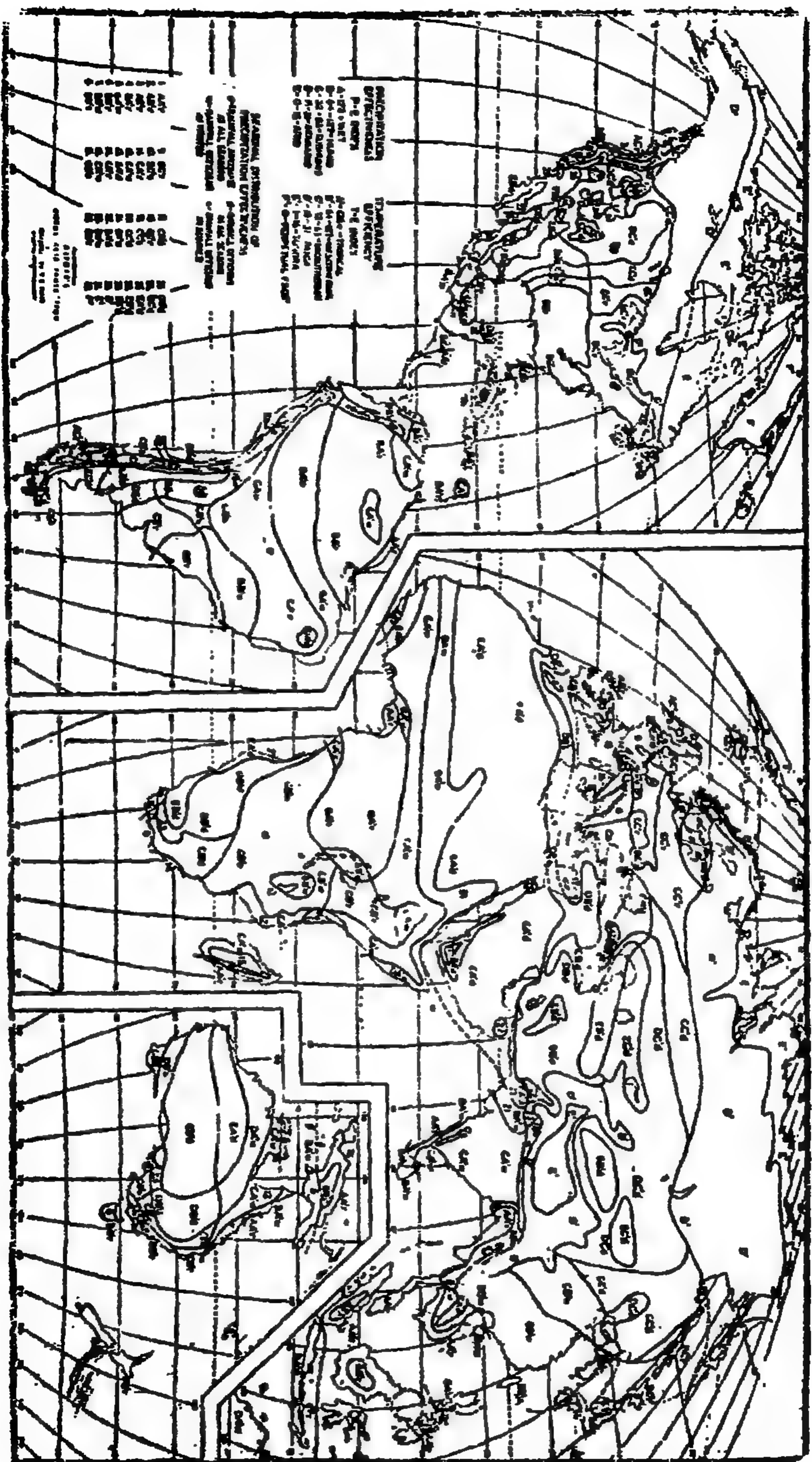
### تقسيم تريوارثا :

يعد تقسيم تريوارثا G. T. Trewartha الذي نشره عام ١٩٣٧ ، وأعاد  
صياغته مع إضافات جديدة في سنة ١٩٥٤ ، صورة معدلة من تقسيم كوبين .  
وقد قصد تريوارثا من التعديلات المحدودة التي أجراها على تقسيم كوبين ،  
أن يتلافى أوجه القصور وبحيث يظل التقسيم مبسطا سهلا ، ومن ذلك أنه  
أهمل تمييز أنواع مختلفة من مناخ المرتفعات كما فعل كوبين ، وحجته في  
ذلك أن ظروف مناخ المرتفعات الكثيرة التضرس معقدة ، إضافة إلى قلة  
المعلومات والبيانات الخاصة بمناخ المرتفعات لقلة المحطات المنيورولوجية  
بها .

ومن بين التغيرات الأخرى التي أجراها تريوارثا على تقسيم كوبين  
ما يلي :

١ - استخدم تريوارثا متوسط الحرارة صفر درجة مئوية لأبرد شهور  
السنة حدا يفصل مناخ الصحارى الحارة عن الصحارى الباردة ضمن أقاليم  
المناخ الجاف (B) وذلك بدلا من متوسط الحرارة ١٨ درجة مئوية الذي  
استخدمه كوبين .

٢ - استخدم تريوارثا متوسط الحرارة صفر درجة مئوية لأبرد شهور



شكل رقم (٨١) اقاليم العالم المناخية وفقا لتقسيم تريوارى



السنة حدا يفصل بين المناخ المعتدل الرطب (C) والمناخ البارد الرطب (D) وذلك بدلا من متوسط الحرارة ٣ درجة مئوية تحت الصفر .

٣ - استخدم تريوارثا الاختلاف في متوسطات الحرارة في فصل الصيف للتمييز بين اقاليم المناخ الثانوية ضمن اقليم المناخ البارد الرطب (D) ، بدلا من الاختلاف في فصلية المطر كما فعل كوين .

٤ - قسم تريوارثا اقليم المناخ المعتدل الرطب الدفيء الى ثلاثة اقاليم ثانوية كما فعل كوين ، لكنه اختلف عنه في الاقليم الثانوي Cw (نوع معتدل جاف شتاء) فجعله Ca (مناخ شبه مداري رطب) ، وفي الاقليم Cf (معتدل ممطر طول العام) فجعله Cb (نوع السواحل الغربية ممطر طول العام) .

من هذا نرى أن التعديلات التي أجراها تريوارثا على تقسيم كوين طفيفة . فتنقسمه العالم الى خمسة اقاليم مناخية كبرى تنقسم الى اقاليم ثانوية وفرعية يتمشى مع تقسيم كوين ، كما أنه استخدم نفس رموز تقسيم كوين .

ويحسن بنا الآن أن نكمل الخصائص العامة لتقسيم تريوارثا على النحو التالي :

#### الاقليم الاول : المناخ المداري الممطر Tropical Raing Climate :

ويرمز له تريوارثا بالحرف الكبير (A) . ويتمثل في النطاق الاستوائي ويتصف هذا الاقليم بارتفاع حرارته وغزارة أمطاره طول العام ، ولا تقل درجة حرارة أبرد الشهور عن ١٨ درجة مئوية ، وأمطاره انقلابية . وينقسم الى اقليمين ثانويين هما :

١ - مناخ مداري ممطر طول العام (Af , Am) وتنمو فيه غابات استوائية .

٢ - مناخ مداري جاف شتاء (Aw) ، ومطره صيفي وتنمو به حشائش العسافانا .

#### الاقليم الثاني - المناخ الجاف Dry Climate :

ويرمز له تريوارثا بالحرف الكبير (B) ويقع فيما وراء المدارين، وتصله الرياح التجارية جافة ، وفاقد الماء فيه بالتبخير يفرق المكتسب بالمطر .

وقد قسمه تريوارثا الى اقليمين ثانويين ، كما قسم كلا من الاقليمين الثانويين الى اقليمين فرعيين على النحو الآتي :

١ - المناخ الصحراوي الجاف (BW) ، وله اقليمان فرعيان هما :



□ مناخ صحراوي جاف وحار (BWh) □

□ مناخ صحراوي في العروض الوسطى جاف وبارد (BWk) .

والحد الفاصل بينهما متوسط الحرارة صفر مئوي لأبرد الشهور .

٢ - المناخ الصحراوي شبه الجاف أو الاستبس (BS) ، وينقسم الى اقليمين فرعيين هما :

□ مناخ صحراوي حار مداري به فصل ممطر قصير (BSH) .

□ مناخ صحراوي بارد في العروض الوسطى به فصل ممطر قصير (BSk)

والحد الفاصل بينهما هو أيضا متوسط الحرارة صفر مئوي لأبرد الشهور .

الاقليم الثالث - المناخ المعتدل Humid Mesothermal :

ورمزه الحرف الكبير (C) . وشتاؤه معتدل الحرارة وقصير ، وتتراوح حرارة أبرد الشهور فيه بين ١٨ وصفر درجة مئوية (بدلاً من - ٣°م عند كوبين) وتختلف كمية الأمطار وفصليتها من جهة لأخرى حسب تعرضها للرياح العكسية الغربية وأعاصيرها .

وينقسم هذا الاقليم الى ثلاثة اقاليم ثانوية هي :

١ - نوع البحر المتوسط (Cs) : وهو ممطر شتاء ، وجاف صيفا . ويقسمه تريوارثا الى اقليمين فرعيين حسب حرارة الصيف هما :

□ بحر متوسط حار صيفا (Csa) .

□ بحر متوسط معتدل صيفا (Csb) .

٢ - نوع شبه مداري رطب (Ca) : صيفه حار وهو يقابل Cw عند كوبين . وقد قسمه تريوارثا الى اقليمين فرعيين هما :

□ شبه مداري ممطر صيفا وشتاؤه جاف (Caw) .

□ شبه مداري ممطر طول العام (Caf) .

٣ - نوع بحري ممطر طول العام وهو نوع السواحل الغربية للقارات Cb , Cc ، وصيفه بارد نوعاً Cool .

الاقليم الرابع - المناخ البارد الرطب Humid Micro Thermal :

ويرمز له تريوارثا بالحرف الكبير (D) .

ويسود الجهات المعتدلة الباردة والجهات الباردة ، وفيه لارتفاع حرارة أحر الشهور على ١٠°م ، وتنخفض حرارة أبرد الشهور عن الصفر المئوي . وتهب عليه الرياح الغربية وأعاصيرها كما تهب عليه الرياح القطبية الباردة .

ويقسم تريوارثا هذا الاقليم الى أربعة اقاليم ثانوية تبعا للتباين في درجات الحرارة هي :

١ - مناخ قارى رطب صيفه حار ، فيه تزيد حرارة أحر الشهور على ٢٢ درجة مئوية (Da) .

٢ - مناخ قارى رطب صيفه بارد نوعا Cool ، وفيه تقل حرارة أحر الشهور عن ٢٢ درجة مئوية .

٣ - مناخ شبه قطبي بارد ، وشتاؤه قارس البرودة . وفيه تقل حرارة أبرد الشهور عن ٣٨ درجة مئوية تحت الصفر (Dc , Dd) .

#### الاقليم الخامس - المناخ القطبي Polar Climate :

ورمزه (E) ، ويتمثل في الجهات الواقعة فيما وراء الدائرتين القطبيتين وحتى القطبين . ويتأثر بهبوب الرياح القطبية الشديدة البرودة ، ولهذا يختلف في فصل الدفء ، ذلك أن أكثر شهور السنة حرارة يقل عن ١٠°م .

ويقسمه تريوارثا الى اقليمين ثانويين هما :

١ - مناخ التندرا ET . ٢ - مناخ الغطاءات الجليدية EF .

الاقليم السادس - مناخ الجبال : ويرمز له تريوارثا بالحرف الكبير (H) .

#### تقسيم ثورنثويت :

تقسيم ثورنثويت C. W. Thornthwaite تقسيم تجريبي مثل تقسيم كوبين ، لكن أسس التقسيمين مختلفة . فتقسيم كوبين اعتمد أصلا على التوزيع الجغرافي للنبات الطبيعي ، لأنه انعكاس للظروف المناخية ، أما ثورنثويت فقد اعتمد عناصر المناخ ذاته ممثلة في الموازنة المائية للتربة للتمييز بين الأنواع المناخية .

وقد قدم ثورنثويت ثلاثة تقاسيم متتالية في أعوام ١٩٣١ و ١٩٤٨ و ١٩٥٥ . ويقوم تقسيم ١٩٥٥ أساسا على تقسيم ١٩٤٨ مع اجراء بعض التعديلات الجذرية .

وفيما يلي عرض موجز لتقسيم سنة ١٩٤٨ ، وتقسيمه المعدل عام ١٩٥٥ .

يقوم كلا التقسيمين على أسس أربعة هي :

١ - معامل الرطوبة . ٢ - فاعلية الحرارة .

٣ - فصلية الرطوبة . ٤ - التركيز الصيفي لفاعلية الحرارة .

والواقع أن كثيرا من الباحثين الذين يدرسون تبعا لتقسيم ثورنثويت

يكتفون بتعيين أقاليم الرطوبة في المنطقة التي يدرسونها، لأن قرينة الرطوبة هي أهم عناصر تقسيم ثورنثويت .

ويحتاج الباحث لتقسيم أي محطة مناخية تبعا لتقسيم ثورنثويت الى تسجيلات العناصر المناخية الآتية :

- المعدل الشهري لدرجات الحرارة .
- المعدل الشهري للأمطار .
- المعدل الشهري للتبخر والنتح الكامل .
- المعدل الشهري للتبخر والنتح الحقيقي .
- رطوبة التربة .
- الفائض المائي .
- العجز المائي .
- معامل الرطوبة .

ويتم حساب معامل الجفاف ، ومعامل الفائض المائي ، ومعامل الرطوبة ، من العلاقة بين الفائض المائي والعجز المائي والحاجة المائية ، وذلك على النحو التالي :

$$\text{معامل الفائض المائي} = \frac{\text{الفائض المائي} \times 100}{\text{التبخر والنتح الكامل}}$$

ويتم حسابه لكل شهر ، وهو مقياس لمدى زيادة كمية المطر الشهرية على معدل التبخر والنتح .

$$\text{معامل الجفاف} = \frac{\text{الفائض المائي} \times 100}{\text{التبخر والنتح الكامل}}$$

ويعتبر معامل الجفاف مقياسا لعدم قدرة اقليم ما على توفير احتياجاته المائية من مصادره المحلية .

$$\text{معامل الرطوبة} = \frac{\text{العجز المائي} \times \text{الفائض المائي} - 60 \times 100}{\text{التبخر والنتح الكامل}}$$

أقاليم الرطوبة عند ثورنثويت :

قسم ثورنثويت أنواع المناخ وفق معامل الرطوبة كالآتي :

- اقليم رطب جدا ورمزه A ومعامل رطوبته أكثر من 100 .
- اقليم رطب ورمزه B .

وهو ينقسم الى أربعة أقاليم رطوبة حسب تفاوت معاملات الرطوبة كالآتي :

- الرمز B1 ومعامل رطوبته 100 - 80 B2 ومعامل رطوبته 80 - 60
- الرمز B3 ومعامل رطوبته 60 - 40 B4 ومعامل رطوبته 40 - 20
- اقليم شبه رطب ورمزه C .

وينقسم الى اقليمين :

- أحدهما مائل للرطوبة ومعامل رطوبته ٢٠ - صفر .
- والثاني مائل للجفاف ومعامل رطوبته صفر الى - ٢٠ .
- اقليم شبه جاف ورمزه D ومعامل رطوبته - ٢٠ الى - ٤٠ .
- اقليم جاف ورمزه E ومعامل رطوبته - ٤٠ الى - ٦٠ .

الأقاليم الحرارية عند ثورنثويت :

اعتبر ثورنثويت أن طاقة التبخر والنتح الكامن والتي تساوي ١١٤ اسم  
تفصل بين الأقاليم المناخية الحار والمعتدلة ، والتي ميزها على النحو الآتي:

اقليم حار : وفاعلية حرارته أكثر ١١٤ر٥ .

اقليم معتدل ، ينقسم الى أربعة أقاليم ثانوية :

- الأول فاعلية حرارته بين ١١٤ر٥ - ٩٩ر٧
- والثاني فاعلية حرارته بين ٩٩ر٧ - ٨٥ر٥
- والثالث فاعلية حرارته بين ٨٥ر٥ - ٧١ر٢
- والرابع فاعلية حرارته بين ٧١ر٢ - ٥٧

اقليم بارد ، وينقسم الى اقليمين :

- الأول فاعلية حرارته بين ٥٧ - ٤٢ر٧
- والثاني فاعلية حرارته بين ٤٢ر٧ - ٢٨ر٥

اقليم تندرا : وفاعلية حرارته ٢٨ر٥ - ١٤ر٢ .

اقليم متجمد : وفاعلية حرارته أقل من ١٤ر٢ .

وفي تقسيم عام ١٩٥٥ أصبح معامل الرطوبة يحسب تبعا للمعادلة الآتية:

$$\text{معامل الرطوبة} = \frac{١٠٠ \times \text{الفائض المائي} - \text{العجز المائي}}{\text{التبخر والنتح الكامن}}$$

= معامل الفائض المائي - معامل الجفاف .

تقييم تقسيم ثورنثويت :

لتقسيم ثورنثويت مزايا يمكن اجمالها فيما يلي :

- ١ - يقوم على أسس مناخية بحتة ، وليس على أساس التوزيع الجغرافي للنبات الطبيعي .
- ٢ - يعطى قيما متصلة للأقاليم المناخية وليس حدودا فاصلة ثابتة .
- ٣ - للموازنة المسائية التي يقوم عليها تطبيقات كثيرة في المجالات الزراعية والبيئية .



وقد رحب عدد من بحاث المناخ بتقسيم ثورنثويت واستعملوه في جهات مختلفة من العالم ، خاصة أواخر الخمسينيات وأوائل الستينيات ، وحاولوا تطوير معامل الرطوبة واساليب استعمال هذا التقسيم للصعوبات الكثيرة التي تواجه الباحث المناخى عند استخدامه لهذا التقسيم والتي منها:

١ - أن أهم عنصر في التصنيف هو معامل الرطوبة التي تمثل الرمز الأول فيه ، أما فصلية الرطوبة والتركز الصيفى لفاعلية الحرارة فاهميتها قليلة ، فضلا عن أنهما تجعلان التقسيم معقدا دون أن تقدموا له فائدة تذكر .

٢ - استخدام الأسس الأربعة ، رغم عدم جدوى ثلاثة أو اثنين منها على الأقل ، في التقسيم المناخى ، يجعل الأقاليم المناخية في أية منطقة كبير جدا ، فقد قدر عدد أقاليم الصين المناخية بناء على تقسيم ثورنثويت أكثر من مائة . وهذا يجعل إمكانية تقسيم العالم كله الى أقاليم مناخية بناء على هذا التقسيم أمرا مستحيلا .

٣ - لم يقترح ثورنثويت أسماء للأقاليم المناخية والثانوية والفرعية بل اكتفى بالرموز ، ونظرا لكثرتها يصعب استيعابها واستخدامها .

٤ - صعوبة قياس التبخر والنتح وعدم توفر البيانات الخاصة بهما في كثير من أنحاء العالم .

٥ - صعوبة جمع كل التصنيف في خريطة واحدة ، فلابد من استعمال أربع خرائط منفصلة يمثل كل منها عنصرا من عناصر التقسيم .

### التقسيمات الأصولية :

تعتمد التقسيمات الأصولية للأقاليم المناخية في العالم على أساس العوامل التي تؤثر على المناخ ، وليس على العلاقة بينه وبين عناصر البيئة الأخرى كالتقسيمات التجريبية . ولم تصادف هذه التقسيمات الاقبال والشهرة اللتين حظيت بهما التقسيمات التجريبية . وسبب ذلك أن التقسيمات الأصولية سواء القائم منها على المناخ الطبيعى أم المناخ الديناميكي تعطى أقاليم مناخية عامة ، أضف الى ذلك أن المعلومات الخاصة بالظواهر المناخية كالاشعاع الشمسى والكتل الهوائية مازال قاصرة ، ومن ثم تصبح التقسيمات الأصولية في معظمها وصفية غير كمية .

وتعتمد بعض التقسيمات الأصولية على معطيات علم المناخ الطبيعى كالاشعاع الشمسى الذى تقوم عليه تقسيمات كل من بوديكو Budyko وتيرجونج Terjung ، بينما تقوم تقسيمات أصولية أخرى على قواعد المناخ الديناميكي كالكتل الهوائية التي تعتمد عليها تقسيمات كل من هيرمان فلون H. Flohn وجون أوليفر J. Oliver .

وسنعرض هنا لتقسيم بوديكو كمثال للتقسيمات الأصولية التي تعتمد على مبادئ علم المناخ الطبيعي، ولتقسيم فلون كمثال للتقسيمات الأصولية التي تعتمد على مبادئ المناخ الديناميكي .

### تقسيم بوديكو :

يقوم تصنيف بوديكو على أساس الاشعاع الشمسي ، لذلك فهو تقسيم أصولي . وقد استعمل بوديكو النسبة بين صافي الاشعاع Radiation Balance في أي منطقة ومقدار الطاقة اللازمة لتبخير التساقط في تلك المنطقة ، وقد أطلق على هذه النسبة معامل الاشعاع للجفاف Radiation Index of Dryness وقد اقترح بوديكو لايجاد معامل الجفاف المعادلة التالية :

$$K = \frac{R}{Lr}$$

حيث ان :

$K$  : معامل الاشعاع للجفاف .

$R$  : صافي الاشعاع أو موازنة الاشعاع Radiation Balance

$L$  : ٦٠٠ سعر حراري

$r$  : كمية التساقط (الامطار) بالمليمتر .

ولاستخراج قيمة صافي الاشعاع أو موازنة الاشعاع  $R$  قدم بوديكو

$$R = QN (1 - A) - E$$

المعادلة الآتية :

حيث ان :

$QN$  : مجموع الاشعاع الشمسي .  $A$  : معامل ثابت مقداره ٠.٢٠

$E$  : معامل الاشعاع/سعر/سم/سنة .

هذا وقد رأى بوديكو أنه اذا كان المكان أو المنطقة محل الدراسة مسطحا مائيا فإن معامل الجفاف يقل عن واحد بينما يزيد عن واحد في المناطق القارية كما يتضح من الجدول الآتي :

### تقسيم بوديكو

معامل الجفاف (النسبة بين صافي الاشعاع والحرارة اللازمة للتبخير)	لائليم المناخى
أكبر من ٣	صحراوي
٣ - ٢	شبه صحراوي
٣ - ١	استبس
١ - ٠.٣٣	غابات
أقل من ٠.٣٣	تنهدرا

والتقسيم كما هو واضح تصنيف عام ، كما أن المعلومات الخاصة بصافي الإشعاع غير متوفرة في كثير من محطات الرصد على مستوى العالم .

### تقسيم فلون :

شرح هيرمان فلون أستاذ المناخ الألماني أفكاره الخاصة بهذا التقسيم في عدة أبحاث نشرت بمجلات المانية ابتداء من سنة ١٩٥٠ وحتى عام ١٩٦٤ . ويقوم هذا التقسيم المناخي الأصولي على نوع الكتل الهوائية التي تؤثر في كل اقليم من الأقاليم المناخية السبعة التي اقترحها فلون . والواقع أن التقسيم المناخي المعتمد على الكتل الهوائية هو أكثر التقسيمات ملائمة لطبيعة المناخ ، لأن أهم مميزات الغلاف الجوي تتمثل في الحركة والتغير المستمر ، ولهذا فإن التقسيم يمثل نظاما مناخيا يمتاز بالتغير الديناميكي المستمر . ويواجه التقدم في مجال التقسيمات الأصولية القائمة على المناخ الديناميكي ما تتصف به الكتل الهوائية من تغير وتبدل في خصائصها ، فهي في الوسط عنيفة وتضعف تجاه الأطراف ، كما أن كتل الهواء الشتوية تختلف عن كتل الهواء الصيفية ، ولهذا فإن إطلاق رمز معلوم واحد على كتلة هوائية تحوي كل هذا التباين يبدو غير مناسب .

ولقد كان العالم الألماني ألفريد هيتنر A. Hettner أول من استخدم الكتل الهوائية أساسا لتقسيم مناخ سنة ١٩٣١ ، لكن هذا التقسيم كان وصفيا غير دقيق . وكان تقسيم فلون البداية الحقيقية للتقسيمات المناخية الأصولية الديناميكية ، وقد تبعه عدد من التقسيمات مثل تقسيم شترالر Strahler وأوليفر Oliver .

وقد أطلق هيرمان فلون على أقاليمه المناخية السبعة تعبير نطاق Zone بدلا من كلمة اقليم Region ، وكل نطاق يضم في الواقع أكثر من اقليم واحد من أقاليم كوبين . وفيما يلي ، عرض موجز لتلك النطاقات مع ذكر لأقاليم كوبين المناخية التي تحتويها أو تتفق معها :

#### ١ - نطاق ما بين المدارين :

وفيه اقليمان من أقاليم كوبين : اقليم مناخ Af الاستوائي ، و اقليم مناخ Am المداري الموسمي الرطب . ويصف فلون مناخ هذا النطاق بأنه يتأثر بالهواء الصاعد والأمطار الانقلابية التي تسقط طوال العام ، وتنمو فيه الغابات الاستوائية . وفي هذا النطاق تهب الرياح التجارية الشرقية وتنحرف في اتجاهها فتصبح غربية فتسقط المطر أثناء معظم السنة ، وهنا تنمو الغابات الموسمية .

## النطاق المدارى :

وفيه اقليمان من اقاليم كوبين هما : اقليم Aw مدارى جاف شتاء وتنمو به السافانا ، وجزء من اقليم (Cw) مناخ جنوب الصين . وتسوده الرياح التجارية الجافة شتاء ، والتجارية الغربية (الموسمية) الممطرة صيفا . وفيه تنمو السافانا ، وحيثما كثر المطر تنمو غابات الأروقة أو الدهاليز .

### ٣ - النطاق شبه المدارى الجاف :

وفيه اقليمان من اقاليم كوبين هما : BS شبه جاف أو استبس ، و BW صحراوى جاف . وتسود فى هذا النطاق الرياح التجارية كما يربض فوقه ضغط جوى مرتفع طوال العام ، ولهذا فهو اما جاف أو تنبت به حشائش فقيرة تبعا لكمية الأمطار الساقطة القليلة .

### ٤ - النطاق شبه المدارى الممطر شتاء :

وهو يتفق مع اقليم مناخى واحد من اقاليم كوبين هو (Cs) مناخ البحر المتوسط . وتسوده الرياح العكسية بأعاصيرها شتاء ، والرياح التجارية الجافة صيفا . ومطره شتوى ، وأشجاره دائمة الخضرة ذات خصائص تمكنها من تحمل جفاف الصيف .

### ٥ - النطاق المعتدل الرطب الغربى خارج المدارين :

ويتفق مع اقليم مناخ CF عند كوبين وهو المناخ المعتدل الدافئ الرطب طول العام . وتسوده الرياح العكسية بأعاصيرها طوال العام . والمطر دائم مع كثرة فى الشتاء . وتنمو به الغابات النفضية والمختلطة .

### ٦ - النطاق البارد وشبه القطبى :

وفيه اقليمان من اقاليم كوبين هما (Df) بارد ممطر طول العام ويكثر مطره شتاء ، و (Dw) بارد جاف شتاء ممطر صيفا . وعند فلون أن هذا النطاق يتميز بأمطار محدودة طوال العام ، لكنه يضم نوعا قاريا Boreal يمتاز بأمطار صيفية ، وثلوج شتوية . ويتأثر النطاق عموما بالرياح العكسية ، وبالرياح القطبية شتاء . وتنمو به الغابات الصنوبرية ، أو أعشاب التندرا الفقيرة ( ET تندرا عند كوبين ) .

### ٧ - النطاق القطبى المرتفع :

ويتفق مع نوع المناخ الجليدى عند كوبين EF ، وتهب عليه الرياح القطبية الباردة طوال العام ، ويسقط الثلج بكميات محدودة ، وأراضيه مغطاة بالجليد .



## الفصل الثاني عشر

### الاقاليم المناخية

#### خصائصها وتوزيعها على سطح الأرض

- اقليم المناخ المدارى الممطر و اقاليمه الثانوية وهى :  
الاقليم الاستوائى ، الاقليم الموسمى الممطر ، اقليم المناخ المدارى الرطب - الجاف أو مناخ السافانا .
- اقليم المناخ الجاف و اقاليمه الثانوية وهى :  
المناخ الجاف فى العروض المدارية وشبه المدارية ، مناخ الصحارى الحارة ، مناخ السواحل الغربية للصحارى الحارة ، مناخ الاستبس فى العروض الحارة ، المناخ الجاف فى العروض الوسطى .
- اقليم المناخ المعتدل الرطب و اقاليمه الثانوية هى :  
مناخ البحر المتوسط ، المناخ الصينى ، مناخ السواحل الغربية .
- اقليم المناخ البارد الرطب و اقاليمه الثانوية وهى :  
المناخ القارى الرطب ذو الصيف الدافئ ، والقارى الرطب ذو الصيف البارد نسبيا ، والمناخ شبه القطبى .
- اقليم المناخ القطبى و اقاليمه الثانوية وهى :  
مناخ التندرا ، مناخ الغطاءات الجليدية .
- اقليم مناخ الجبال .



## تمهيد :

عرضنا في الفصل السابق مختلف التقسيمات المناخية ، وعرفنا أن تقسيم فلاديمير كوين هو أشهر التقاسيم وأكثرها استعمالا ، وأوفرها حظوة لدى كثير من بحاث المناخ ومنهم تريوارثا ، الذي اتخذها أساسا لتقسيمه في عام ١٩٣٧ مع بعض التعديلات الطفيفة . لكن تريوارثا حاول أن يصنع منه تقسيما متكاملا بإضافة أسس التقسيمات الأصولية إلى الأسس التي قام عليها تقسيم كوين وهي أسس تجريبية .

ويرى تريوارثا أن تقسيم كوين للعالم إلى أقاليم رئيسية محدودة العدد مهم ومفيد لدارس الجغرافيا الذي يريد فكرة عامة مبدئية عن مناخات العالم . وحينما يدعو الأمر لمزيد من الدراسة التفصيلية ، يمكن للدارس أن يجد في الأقسام الثانوية ثم في الأقسام الفرعية ما يفيد ويزيد من معلوماته . وهناك أمثلة كثيرة للتقسيمات التفصيلية للأقاليم نشرت لأجزاء معلومة من العالم في مختلف المجلات العلمية .

وقد حاول تريوارثا ، وفي اعتقادنا أنه نجح ، أن يوفق بين التقسيمات هيرمان فلون . أو هو جعل تقسيم كوين وعاء يحوى مزايا التقسيم التجريبية ممثلة في تقسيم كوين وبين التقسيمات الأصولية ممثلة في تقسيم التجريبى ومزايا التقسيم الأصولى . فالى جانب تقسيم كوين التجريبى الذى يفيد منه الجغرافيون والبيولوجيون ورجال الزراعة ، الذين يهدفون الى فهم واستخدام البيئة المناخية كل حسب تخصصه ، والذين يهتمهم بالدرجة الاولى معرفة حقائق المناخ دوز، الدخول فى التفاصيل الأصولية ، الى جانب هذا لابد من معرفة النشأة والتعرف على الأصل الذى يؤدى الى التعليل والتفسير .

ويؤكد تريوارثا فى مؤلفه المنشور عام ١٩٥٤ أن التقسيم الذى يعرضه هو فى الأساس شكل معدل من تقسيم كوين ، فضلا عن التعديلات التى سبق لنا ذكرها ، رأى تريوارثا تطعيم التقسيم بعناصر أصولية استقاها من تقسيم فلون ومنها الضغط والرياح .

وفيما يلى عرض موجز للأقاليم المناخية وخصائصها حسب التعديلات التى أرتاها تريوارثا . وقد وجدنا فيها كل ما يهم الجغرافى من وصف لعناصر البيئة المناخية وانعكاساتها على أشكال النبات من جهة ، ثم تاصيل ذلك

الوصف ما أمكن بتقسيم أصولى يؤدي الى تفسير نوعية وتوزيع أنماط المناخ على سطح الأرض .

### اقليم المناخ المدارى الماطر (A)

#### التوزيع والحدود :

يشغل هذا الاقليم نطاقا غير منتظم الشكل يمتد فوق ٢٠ - ٤٠ درجة عرضية حول دائرة الاستواء . ويتميز هذا الاقليم عن غيره من الأقاليم الأخرى الرطبة بأنه حار طول العام ، أى أنه يفتقر الى موسم شتاء . وحدود هذا الاقليم تجاه القطبين تتفق مع امتداد خط الحرارة ١٨ درجة مئوية لأقل شهور السنة حرارة . وقد اختار كوبين هذا الحد الحرارى لأنه يتفق مع حدود انتشار مختلف أنواع أشجار النخيل التى لا تنمو الا فى الجهات الحارة ، والتى لا يناسبها التغير الحرارى الفصلى الكبير .

ويتميز هذا الاقليم بأنه أوسع الأقاليم المناخية الكبرى توزيعا وانتشارا ، فهو يشغل حسبما يقدر هيرمان فاجنر نحو ٣٦% من مساحة الأرض . ويتسع نطاق هذا الاقليم فى شرقى القارات تجاه القطبين عنه فى غربها . ويرجع السبب فى ذلك الى تعرض الأجزاء الشرقية من القارات لتأثير الرياح التجارية التى تاتى من المحيط محملة بكميات هائلة من الرطوبة خصوصا أنها تعبر مياه تيارات بحرية دافئة فى طريقها الى اليابس حيث تتعرض لأى رفع أوروغرافى فتسقط الأمطار الغزيرة . أما الأجزاء الغربية من القارات فتصلها الرياح التجارية جافة من جهة ، كما أن تلك الأجزاء تصبح محلا لهبوط الهواء العلوى وتكوين ضغط مرتفع دائم يدفع باقليم المناخ الجاف (B) للتوغل تجاه دائرة الاستواء ، حتى أنه يصل الى دائرة العرض ٥ درجة جنوبا فى القسم الجنوبى من كل من إفريقيا وأمريكا الجنوبية .

#### التقسيمات :

المطر غزير لا يقل عن ٧٥ سم فى السنة ، وهو متعدد الأسباب ، لكن معظمه من النوع 'الانقلابى' المصحوب بالرعد والبرق ، ولهذا تشتد غزارة الأمطار حول الاعتدالين . وتشترك الأمطار الأعصارية بنصيب طيب . وعلى الرغم من انتظام وتناسق الظروف الحرارية طوال السنة ، فإن الأمطار متذبذبة فى كميتها وفى فصليتها وفى توزيعها المساحى . والتوزيع الفصلى للأمطار هو أساس تقسيم هذا الاقليم الى اقليمين ثانويين هما (Af) الذى يتميز بأمطار غزيرة طوال العام ، والاقليم (Aw) الذى يتميز بفصل ممطر وفصل جاف .

ونظرا لارتباط سقوط المطر فى معظم أجزاء هذا الاقليم بالرياح الاستوائية



وكتل هوائه الساكنة ، فاننا نتوقع ، كما أسلفنا ، أن يبلغ المطر قمته عند تعامد الشمس حينما يسود الرهو الاستوائي ، ولهذا يصح القول بأن المطر المدارى يتبع التعامد الشمسى .

### الأقاليم الثانوية للمناخ المدارى الممطر :

يمكن تقسيم الاقليم المدارى الممطر الى اقاليم ثانوية وفرعية على أساس فصلية المطر ومقدار كميته السنوية على النحو الآتى :

١ - اقليم (Af) المدارى الرطب ، أو المدارى الغابى الممطر أو الاستوائى :

ومطره طول العام فليس به فصل جاف ، وتسقط كمية من المطر تزيد على ٦ سم كل شهر، وتنمو به غابات دائمة الخضرة، وكثيفة، وعريضة الأوراق .

### ٢ - اقليم (Am) الموسمى الغابى الممطر :

وهو اقليم فرعى من السابق (Af) حيث تسقط أمطاره غزيرة فى فصل طويل تعوض الجفاف فى الفصل الجاف القصير ، ومن ثم تتمكن الغابات من النمو، وهى غابات دائمة الخضرة، لكنها أقل كثافة من غابات الاقليم السابق.

### ٣ - اقليم (Aw) المناخ المدارى الرطب الجاف أو مناخ السافانا :

وفيه يكون الفصل الجاف أطول وأجف مما فى الاقليم السابق (Am) وأمطار الفصل الممطر كافية لنمو الغابات ، وهنا قد تنمو غابات نفضية متفرقة ، وأشجار شوكية ، وحشائش طويلة أو سافانا .

### المناخ المدارى الرطب

#### مناخ الغابات المدارية الرطبة أو المناخ الاستوائى (Af)

#### التوزيع :

اهم ما يميز هذا النوع امران :

- ١ - الانتظام فى ارتفاع درجات الحرارة طوال العام .
- ٢ - غزارة الأمطار طوال العام ، وليس هناك فصل جاف .

ويتوزع هذا المناخ حول دائرة الاستواء فوق خمس الى عشر درجات عرضية شمالها وجنوبها ، لكنه قد يتسع ليشمل الأراضى الواقعة فى شرقى القارات حتى دائرة عرض ١٥ بل ٢٥ درجة ، ويشمل حوض الامزون وحوض الكونغو ، وجزر اندونيسيا ، والفلبين ، وبعض سواحل آسيا الشرقية المدارية .

ويرتبط المناخ الاستوائى (Af) بنطاق الضغط المنخفض الاستوائى

ونطاق التقاء الرياح التجارية فيما بين المدارين، وظروف الرهو أو الركود، إضافة الى التجاريات المنحرفة التي تعرف بالغريبات الاستوائية والتي تسود هذا النطاق من الضغط المنخفض . وينتهى المناخ الاستوائى الى المناخ الموسمى الممطر (Am) ومناخ السافانا (Aw) تجاه القطبين ، والحد بينه وبينهما هو كمية المطر ٦ سم لأجف الشهور .

وقد يمتد المناخ الاستوائى (Af) فى شرقى القارات الى أن يصل الى تخوم مناخ عروض وسطى شبه مدارى رطب صيفه حار (Ca) ويكون الحد الفاصل بينهما وجود فصل شتوى بارد نسبيا ، ولا تقل درجة حرارة أبرد شهوره عن ١٨ درجة مئوية .

### الحرارة :

لما كان الاقليم الاستوائى (Af) يقع حول دائرة الاستواء ، وفى نطاق الاشعاع الشمسى الأقصى، فإننا نتوقع أن تكون الحرارة مرتفعة طول العام، ومتوسطها السنوى بين ٢٥ - ٢٧ درجة مئوية . والتفاوت الحرارى الفصلى ضئيل أيضا نظرا لتساوى طول الليل والنهار تقريبا طوال العام ، كما وأن الاشعاع الشمسى اما أن يكون عموديا أو قريبا من العمودى . والفرق الحرارى السنوى، أو الفرق بين أحر الشهور وأبردها لا يتعدى ثلاث درجات مئوية ، بينما يعظم الفرق الحرارى اليومى ، أى الفرق بين أعلى وأدنى درجة حرارة يومية ، فيتراوح بين ٦ - ١٤ درجة مئوية . ولهذا يقال ان الليل هو شتاء الاقليم الاستوائى . والنهاية العظمى للحرارة اليومية فى الاقليم الاستوائى ليست كبيرة ذلك أن متوسطها يبلغ ٣٣ درجة مئوية ، بينما بلغ متوسط النهايات الصغرى اليومية ٢٠ درجة مئوية . وأقصى نهاية عظمى سجلت فى حوض الأمازون كانت ٣٥ر٦ درجة مئوية .

ورغم أن الحرارة اليومية قد لا تكون مفرطة الارتفاع ، فإن اجتماع الحرارة مع الضوء الكثيف ، وسكون الهواء ، وارتفاع الرطوبة النسبية والكلية ، كل ذلك يعنى ظروفًا جوية مرهقة تدعو الى الخمول ، وتسلب النشاط ويصبح الاحساس بالحرارة عظيما ، رغم أن الترمومتر قد لا يسجل أرقاما شاذة لدرجات الحرارة .

ولا تعطى حرارة الليالى احساسا بالراحة من القيظ الا قليلا . لكنها بالنسبة للسكان الوطنيين منخفضة فهم حساسون لأى انخفاض ولو طفيف فى درجات الحرارة ، ويصبح الليل الرطب باردا بالنسبة لهم ، وعادة ما يوقدون النار للتدفئة حينما تنخفض حرارة الليل عن ٢١°م . وفى مثل هذه الليالى يتكاثف بخار الماء مكونا للضباب الكثيف والندى .

ومسار الحرارة اليومى منتظم للغاية ، فالحرارة تصل الى غايتها القصوى فى نفس الموعد كل نهار ، والى غايتها الدنيا فى ذات الموعد كل ليل ، وتكرر هذه الحالة يوميا . ولا يعرف الاقليم غزوات لكتل هوائية دافئة وأخرى باردة كما يحدث فى العروض الوسطى .

#### التساقط :

أمطار هذا الاقليم غزيرة وموزعة على مدار السنة ، ولا يوجد فصل جاف . والاقليم الاستوائى (Af) هو أغزر أقاليم العالم أمطارا ، ويقدر ما يسقط من المطر السنوى ما يزيد على ٢٥٠ سم ، ويزيد هذا المعدل فوق المسطحات البحرية وفوق المناطق الجبلية ، ويقل نوعا فوق اليابس . ولهذا فان المسطحات المائية الواقعة فى مجال الأمطار الاستوائية أقل ملوحة من المسطحات المائية فى الجهات المدارية الواقعة فى مهب الرياح التجارية . وأعظم جهات النطاق الاستوائى والعالمى مطرا منطقة جبلية فى جزيرة كواي Kauai ، إحدى جزر هاواى فى المحيط الهادى ، التى تقع ضمن المناخ الاستوائى، وفوقها تسقط كمية سنوية من المطر معدلها يزيد على ١١٤ مترا (٤٥٠ بوصة) .

والمطر من النوع الانقلابى ، يهطل مدرارا من سحب المزن الركامى ، وهذا يعكس طبيعة الجو المضطربة ، فالسماء هناك حية نشطة مادام الهواء يندفع الى أعلا فى تيارات صاعدة محملة بالرطوبة ، ما تلبث أن تنشئ سحباً مملوءة بالحركة ومتباينة فى شكلها ولونها . وأغزر المطر يهطل عادة اثناء أشد ساعات النهار حرارة ، حينما يكون التسخين المحلى ، ومن ثم التصاعد والانقلاب فى الأوج . وعادة ما يكون الصباح المبكر صحوا ، وحالما تعلق الشمس فى اتجاه السمى تزداد الحرارة ، وتبدأ السحب فى الظهور ، وتنمو فى أعدادها وأحجامها وتتكاثر ، حتى ينقضى نصف النهار . وفيما بعد الظهر تبدأ الأمطار فى الهطول وترافقها عواصف الرعد والبرق ، ويستمر سقوط المطر حتى المساء ، فتتفشع الغيوم ، ويصفو الجو ، وتصحو السماء . ويتراوح عدد أيام حدوث البرق والرعد بين ٧٥ - ١٥٠ يوما كل سنة . وهى زوابع عنيفة بسبب عظم سمك طبقة الهواء المتأثرة بالحرارة الشديدة والرطوبة العظيمة .

حقيقة أنه لا يوجد فصل جاف ضمن هذا النوع المناخى (Af) الاستوائى ، لكن المطر لا يتوزع بالتساوى على جميع فصول وأشهر السنة . ويوضح منحنى المطر فى الجهات الاستوائية قمتين للمطر كل سنة ، يقابلهما فترتان تقل اثناءهما الأمطار نسبيا . ومن المعروف أن قمتى المطر تتفقان مع



الاعتدالين ، أى حينما تتعامد الشمس على دائرة الاستواء، أو عقب التعامد مباشرة ، بينما تتفق فترتا قلة الأمطار النسبية مع الانقلابين ، حينما تتقدم الرياح التجارية وتقترب من دائرة الاستواء .

### أقليم المناخ المدارى الممطر أو الموسمى أو مناخ الغابات الموسمية (Am)

#### التوزيع :

يتمثل هذا النوع المناخى أحسن تمثيل فى أراضى جنوب شرق آسيا حيث يسود النظام الموسمى المثالى للرياح . ويشمل فيما يشمل ساحل مالابار Malabar فى غرب الهند ، ودلتا نهر الجانج - براهماپوترا وساحل أراكان Arakan فى بورما ، والساحل الشرقى لفيتنام ، وشمال جزر الفيلبين . كما يوجد فى ساحل غانة فى غرب إفريقيا ، وفى الجزء الشرقى من حوض الأمازون ، وفى سواحل جيانا بأمريكا الجنوبية ، وأجزاء من جزر البحر الكاريبى (جزر الهند الغربية) .

#### الحرارة :

حرارة هذا الأقليم مرتفعة على مدار السنة ، ومعدلها السنوى يبلغ نحو ٢٦ درجة مئوية . والمدى الحرارى السنوى أكبر فى المناخ الاستوائى (Af) خصوصا فى تلك الجهات التى تبعد عن دائرة الاستواء ، فيبلغ نحو أربع درجات مئوية . وتبلغ الحرارة أقصاها قبيل موسم سقوط الأمطار مباشرة ، وهى الفترة التى تكون فيه السماء صحو ، رغم أن موسم سقوط المطر هو موسم الإشعاع الشمسى العالى الشديد ، وهو موسم الصيف . ويوضح كوبين هذا الشذوذ فى التوزيع الفصلى للحرارة بإضافة حرف (g) لرمز هذا النوع المناخى لى يميز نوع مناخ الجانج Amg الذى يتميز بأن أحر شهور السنة فيه يكون الشهر السابق لهطول أمطار الصيف وهو شهر أبريل أو مايو من كل عام .

#### الأمطار :

يعتبر هذا النوع المناخى من حيث المطر نوعا وسطا بين نوع المناخ الاستوائى (Af) ونوع مناخ السافانا (Aw) . فهو يأخذ من النوع الاستوائى غزارة المطر ، ومن نوع السافانا التوزيع الفصلى للمطر . وكما رأينا تقع الأراضى التى يسودها هذا النوع المناخى على امتداد السواحل المدارية التى تظاهرها مرتفعات على طولها تهب كتل هوائية مدارية بحرية فى الفصل الحار . وهذه الكتل الهوائية فى معظمها ذات أصل موسمى (رياح موسمية)



وهى السبب في المطر الموسمي الغزير ، وقسم من هذا المطر من نوع المطر الأوروغرافي أو التضاريسي ، ويتركز المطر في النصف الصيفي من السنة ، ابتداء من مايو وحتى نهاية أكتوبر . وتساعد غزارة الأمطار مع القصر النسبي لفصل الجفاف على بقاء التربة السفلى في تلك الجهات رطبة ، بحيث تكفي رطوبتها لاستمرار نمو الغابات الموسمية ، وهى غابات ذات أشجار دائمة الخضرة لكنها أقل كثافة من الغابات الاستوائية . هذا وتجدر الإشارة الى أن كمية الأمطار الساقطة في الاقليم الموسمي قد تفوق في كثير من جهات هذا الاقليم التي تسقط في بعض جهات الاقليم الاستوائي ، ففي ساحل مالابار تسقط كمية من الأمطار معدلها يزيد على ٣٠٠ سم .

### اقليم المناخ المدارى الرطب - الجفاف

#### أو مناخ السافانا (Aw)

يختلف هذا النوع المناخي (Aw) عن النوع الاستوائي (Af) في أمرين :

الأول : أنه أقل مطرا .

والثاني : أن مطره غير منتظم التوزيع على مدار السنة ، ففيه فصل جاف واضح ، وفصل مطير واضح أيضا .

ولهذا تنمو في هذا الاقليم (Aw) حشائش السافانا التي ترصعها الاشجار ، بدلا من الغابات الكثيفة الدائمة الخضرة التي تنمو في الاقليم الاستوائي (Af) وكثرة نمو هذا الحشائش وسعة انتشارها في هذا الاقليم هي التي أدت الى تسميته باسمها ، رغم أن حشائش السافانا بلا أشجار أمر نادر الحدوث .

#### التوزيع :

يقع اقليم مناخ السافانا (Aw) فيما بين دوائر عرض ٥ درجة أو ١٠ درجة و ١٥ درجة أو ٢٠ درجة ، وفيما بين اقليمي المناخ المدارى الرطب (الاستوائي) (Af) والمناخ الجاف (B) . ويضم منطقتين في أمريكا الجنوبية ، احدهما شمال الاقليم الاستوائي الأمازوني (Af) في فنزويلا وكولومبيا وجيانا ، والثانية في جنوب شرق البرازيل وما يجاوره من اراضى بوليفيا وباراجواي . وفي أفريقيا في اراضى السودان الفسيحة شمال دائرة الاستواء ، وارضى الفيلد Veld الفسيحة الى الجنوب منها . ويمكن أن نضيف الى هذا الاقليم اراضى شمال استراليا وبعض اجزاء من جنوب شرق آسيا في الهند وبورما وتايلاند وفيتنام ، ويحلو للبعض تسمية هذا الاقليم (Aw) في آسيا باسم السافانا الموسمية ، لأن امطاره ترتبط بالرياح الموسمية ، لكن

الاختلاف ليس كبيرا ، فالرياح الموسمية تبدو مماثلة للرياح الجنوبية الغربية التي سبقت تسميتها بالغريبات الاستوائية ، تهب تجاه الرهو الاستوائى أو منطقة الضغط المنخفض أو منطقة التقاء الرياح فيما بين المدارين ، التي تهاجر الى الشمال بسبب شدة حرارة اليابس .

### الحرارة :

لا تختلف الحرارة كثيرا في هذا الاقليم (Aw) عنها في الاقليم الاستوائى (Af) . فالحرارة الدائمة طوال العام هي القاعدة، ذلك أن الاشعاع الشمسى لا يبتعد عن العمودية كثيرا ، كما لا يختلف طول الليل عن طول النهار الا قليلا . ومع هذا فالاختلاف الحرارى هنا أكبر نسبيا ، وهو عادة في حدود ثلاث درجات مئوية ، ونادرا ما يتعدى ثمانى درجات مئوية .

ولا تتفق حرارة أحر الشهور مع الاشعاع العمودى ، لكنه يليه مباشرة، ومن ثم يكون الشهر الأحر قبيل أوج الفصل المطير ، حين يخفض غطاء السحاب وسقوط الأمطار من درجات الحرارة . ولهذا فان أشهر مارس وأبريل ومايو تكون أحر من يونيو أو يوليو وهما أكثر شهور السنة مطرا في هذا الاقليم المناخى (Aw) في النصف الشمالى من الكرة الأرضية .

### ويميز السافانا ثلاثة مواسم حرارية هي :

١ - الفصل الجاف المعتدل ، ويتفق مع موسم الاشعاع الشمسى المائل أو فصل الشتاء . وما تزال الحرارة به مرتفعة ، لكنها لا تزيد على ٣٢ درجة مئوية في العادة ، كما أن نسبة الرطوبة منخفضة ، بحيث لا تكون الحرارة مرهقة . وليالى هذا الفصل تكون باردة نسبيا ، ويسجل الترمومتر حرارة مقدارها ٢١ درجة مئوية ، بل لقد تهبط الحرارة الى ١٦ درجة مئوية . ذلك لأن السماء تكون صافية ، والجو جاف ، وتلك ظروف ملائمة للاشعاع الأرضى السريع ، ويضم هذا الفصل أشهر ديسمبر ويناير وفبراير .

٢ - الفصل الجاف الحار ، وهو الفصل الذى يسبق سقوط المطر مباشرة ، ويبدأ عادة حول موعد الاعتدال الربيعى ، ويسبق موعد سقوط المطر مباشرة ، ويضم مارس وأبريل ومايو ، وفي هذا الفصل ترتفع الحرارة كثيرا ، حتى لقد تزيد على ٣٨ درجة مئوية ، وذلك بسبب الاشعاع الشمسى العمودى الكثيف .

٣ - الفصل الرطب الحار وهو فصل المطر ، ويبدأ في يونيو ويستمر في يوليو وأغسطس ، ويمتد حتى شهر أكتوبر . وهنا نجد الحرارة تشبه لحد كبير مثيلتها في مناخ الاقليم الاستوائى ، فالمدى الحرارى اليومى يقل

نسبيا ، ورغم أن الحرارة تكون منها في الفصل الجاف الحار ، فإنها تكون هنا مرهقة بسبب ارتفاع نسبة الرطوبة .

### كمية الأمطار :

الأمطار هي العنصر المهم في التمييز بين أنواع المناخات المدارية ، لأن الفروق الحرارية بينها ليست كبيرة . وكمية المطر الساقطة فوق أراضي اقليم السافانا (Aw) تقل عن كميتها في الاقليم الاستوائي (Af) وهي تتراوح بين ١٠٠ - ١٥٠ سم . ونظرا لأن هذا الاقليم يشغل نطاقات انتقال بين المناخ الاستوائي الدائم المطر ، والمناخ الصحراوي الدائم الجفاف ، فإنه من الطبيعي أن تتفاوت كميات الأمطار الساقطة فوق هوامشه تجاه الاقليمين المتاخمين له .

### نظام الأمطار :

توزيع الأمطار الفصلي هو الذي يفصل بين نوعي المناخ المداري الرطب . لأن نوع مناخ السافانا (Aw) يتميز بفصل واضح ممطر، وفصل آخر جاف . ويعزى هذا لموقعهما بالنسبة لدوائر العرض ، فبينما يقع نوع المناخ الاستوائي (Af) في اطار نطاق التقاء الأهوية الاستوائية الرطبة بصفة دائمة، مع تواصل التصاعد الهوائي الرطب ، وتساقط المطر الغزير ، فإن مناخ السافانا (Aw) يقع عند الهوامش الاستوائية للرياح التجارية ، وهو موقع متوسط بين نطاق الرهو الاستوائي الماطر من جانب ، والهوامش المواجهة لنطاقات الضغط المرتفع المدارية الجافة من الجانب الآخر .

### نظام سقوط المطر بالسودان كمثال لفرع مناخ السافانا :

يمكن اختيار السودان كمثال نموذجي لتوضيح ميكانيكية نظام سقوط المطر في اقليم السافانا (Aw) . فانتقال الاشعاع الشمسي العمودي من الدائرة الاستوائية نحو الشمال عقب الاعتدال الربيعي ، يصحبه انتقال نطاق الضغط المنخفض وهبوب الرياح في نفس الاتجاه وان كان يصل متأخرا عنه شهرا أو شهرين . وحالما يزحف نطاق التقاء الرياح شمالا تبدأ زوابع الرعد والبرق في الظهور ابتداء من مارس أو أبريل فوق أراضي السودان ، وتستمر كمية الأمطار في الزيادة حتى شهر يوليو أو شهر أغسطس ، حينما يصل التقاء الرياح أقصى مداه شمالا . ومع تراجع هذا النطاق جنوبا مع حركة الشمس الظاهرية ، تتناقص كمية الأمطار حتى شهر أكتوبر أو شهر نوفمبر حين تحل الرياح الجافة وتسود أراضي السودان .

وتختلف كمية الأمطار من عام لآخر ، فهي متذبذبة . ففي بعض السنين



تغزر حتى لتغمر مياهها الحقول في فيضان عارم ، بينما تقل في سنين أخرى عجاف ، ومدى التذبذب يصل إلى ٢٥٪ . ويتباين طول كل من فصلى الجفاف والمطر ، فيطول فصل المطر في الجهات القريبة من نطاق المناخ الاستوائى (Af) ، ويقصر تدريجيا بالاتجاه شمالا . فأمطار جنوب السودان أكثر كمية وأطول موسما منها في وسط السودان ، فإذا ما وصلنا إلى شماله قلت الكمية كثيرا ، وأصبح موسم المطر قصيرا لا يتعدى شهرين أو ثلاثة .

## (B) المناخ الجاف

### تعريفه وتوزيعه :

أهم صفة تميز هذا الاقليم هي أن معدل التبخر من سطح التربة ومن النبات يزيد على المعدل السنوى للتساقط . وفي المناخ الجاف يوجد نقص دائم في المياه ، وبالتالي لا يحدث جريان سطحي دائم ، ولا يتغذى مخزون المياه الباطنية بالمياه بصفة مستمرة . ولقد تعبر هذا الاقليم أنهار دائمة الجريان مثل نهر النيل ، ونهر كولورادو ، ونهر السنند ، ولكنها جميعا تتغذى بكميات هائلة من المياه في منابعها في أقاليم غزيرة المطر . والقاعدة أنه حيثما يوجد نقص في المياه لا يفي بالاحتياج المائى فإن المناخ يكون جافا ، والعكس صحيح فحيثما يكون التساقط أعظم من المتطلبات المائية يكون الاقليم رطبا .

والأساس الذى يعتمد عليه في تحديد تخوم الاقليم الجاف هو القيمة الفعلية للأمطار ، والأمطار ترتبط ارتباطا وثيقا بالحرارة ، كما ترتبط بالفصل الذى تسقط فيه . وقد سبق لنا شرح المعادلات التى يتم عن طريقها تحديد الحدود بين المناخ الجاف والمناخات الرطبة عند شرحنا لتقسيم كوبين .

ويوضح الجدول التالى الحدود بين المناخات الجافة والرطبة تبعا لتقسيم كوبين :

الحرارة بالدرجات المئوية	١٠	١٥	٢٠	٢٥	٣٠	٣٥
التساقط بالسنتيمتر	٣٤	٤٥	٥٦	٦٧	٧٨	٨٩

ومنه يتبين أنه لى يكون المناخ الذى يبلغ معدل حرارته السنوية ١٠°م رطبا ، ينبغى أن تسقط فيه كمية من المطر تعادل ٣٤ سم أو أكثر وتكون موزعة توزيعا منتظما على مدار السنة . وحينما يكون المتوسط الحرارى السنوى لاقليم مناخ معلوم ٢٥°م ، لزم ضعف القدر السابق ذكره من الأمطار كى يكون هذا المناخ رطبا .



والمناخ الجاف أوسع أنواع المناخ انتشارا على سطح الأرض . فهو يشغل تبعا لتقدير كوبين نحو ٢٦٪ من مساحة الكتل القارية ، وتتوزع هذه النسبة بين المناخ شبه الجاف أو مناخ الاستبس (BS) ، الذى يحتل ١٤٪ ، والمناخ الجاف أو المناخ الصحراوى (BW) الذى يشغل ١٢٪ . ويتمثل المناخ الجاف فوق مساحة من المسطحات البحرية والمحيطية أقل حجما ، وتتراوح بين ٤ - ٥٪ .

### الحرارة :

يتصف المناخ الجاف بالتطرف الحرارى ، فالمدى الحرارى اليومى والفصلى والسنوى كبير فى جميع جهاته . ويساعد على هذا التطرف المناخى ما يمتاز به من جفاف ، فالسمااء دائما صافية ، والرطوبة منخفضة ، والغطاء النباتى يكاد ينعدم . وحرارة النهار شديدة ، حتى لقد يسجل سطح الأرض حرارة تفوق مائة درجة مئوية ، بينما تهبط فى أواخر الليل الى ريع هذا القدر وما دونه .

### الأمطار :

الأمطار نادرة ، وهى متغيرة فى كميتها من عام لآخر ، ولهذا لا يعتمد عليها . وعلى الرغم من أن الأمطار لا تنعدم تماما فى أى جزء من أجزاء الاقليم الجاف ، فانها تكون أحيانا من الضالة بحيث يصعب قياسها . ففى محطة أريكا Arica للرصد الجوى شمال شيلى لم تتمكن الأجهزة من قياس المطر على مدى ١٧ سنة الا فى حالات ثلاث فقط ، وكانت الكمية ضئيلة لا تتعدى نصف سنتيمتر فى كل حالة .

والرطوبة النسبية منخفضة للغاية ، وتبلغ فى وقت الظهيرة من ١٢٪ - ٣٠٪ . والتبخير سريع وشديد .

### الرياح :

وتتحرك الرياح فى الجهات الجافة حركة دائمة ، حيث لا يوجد ما يعوق حركتها ، لأن الغطاء النباتى يكاد ينعدم ، كما أن ارتفاع الحرارة اثناء النهار يعطى الفرصة لتيارات هوائية صاعدة ، ولهذا نجد الرياح دائما محملة بالرمال والغبار مما يصعب الرحلة خلال الصحراء . وتهب الرياح فى الليل كثيرا بسبب التبريد الذى يحدث نتيجة للإشعاع الأرضى السريع . والرياح هى عنصر الحياة والحركة الوحيد فى البيئة الجافة ، وهى التى تقوم الآن بعمليات الهدم والبناء وتشكيل سطح الأرض الجافة .

### الاقاليم الثانوية للمناخ الجاف :

يمكن التعرف على أربعة اقاليم ثانوية ينقسم اليها اقليم المناخ الجاف .

فعلى أساس استخدام الأمطار ينقسم الاقليم الى اقليمين ثانويين هما :  
اقليم الصحراء و اقليم الاستبس . وعلى أساس الحرارة يمكن التقسيم الى :  
١ - اقليم المناخ الجاف في العروض المدارية ، وينقسم الى اقليمين  
فرعيين هما : اقليم الاستبس الحارة ، و اقليم الصحارى الحارة .

٢ - اقليم المناخ الجاف في العروض المعتدلة ، وينقسم الى قسمين  
فرعيين : اقليم الاستبس البارد (شتاء) ، و اقليم الصحارى الباردة شتاء .

وبينما يستخدم كوبين في تقسيمه خط الحرارة ١٨°م كمتوسط سنوى  
كحد يفصل بين اقليم المناخ الجاف في العروض المدارية ، والمناخ الجاف في  
العروض المعتدلة ، نجد تريوارثا يستخدم لهذا الغرض خط الصفر المئوى  
لأبرد الشهور (يناير) .

#### اقليم المناخ الجاف في العروض المدارية وشبه المدارية (BWh , BSh)

تقع الاراضى التابعة لهذا الاقليم المناخى بين دائرتى عرض ١٥° - ٣٠°  
شمالا وجنوبا في مجال نطاق الضغط المرتفع المدارى وفي غربى الكتل  
القارية . وتمثل دوائر العرض ٢٠ - ٢٥° شمالا وجنوبا قلب هذا الاقليم .  
وتتعرض السواحل الشرقية للقارات في مجال هذه العروض لهبوب الرياح  
التجارية الممطرة الآتية من المحيط ، ولهذا فانها تكون رطبة ، أما سواحلها  
الغربية فتكون جافة ، ويمتد منها الجفاف ليشمل نطاقا من المحيطات  
المجاورة . ولا شك أن السبب الرئيسى في جفافها هو هبوط الهواء في نطاق  
ضد الاعصار (الضغط المرتفع) شبه المدارى . ويساعد على تأكيد الجفاف  
وحدته مرور التيارات المائية البحرية الباردة موازية للسواحل الغربية  
المدارية وشبه المدارية .

ويمكن القول كقاعدة عامة بأن المناخ المدارى الرطب يمتد عادة امتدادا  
كبيرا باتجاه القطبين على طول السواحل الشرقية للقارات المعرضة للرياح  
الممطرة (البرازيل ، وشرق أمريكا الوسطى ، وشرق مدغشقر) بينما يتوغل  
المناخ الجاف تجاه دائرة الاستواء فيما وراء عروضه المعتادة على امتداد  
السواحل الغربية للقارات (غرب بيرو ، وغرب أنجولا في جنوب أفريقيا) .

#### اقليم مناخ الصحارى الحارة (BWh)

##### التوزيع :

تتوزع الصحارى المدارية الحارة في غرب القارات ، وتتمثل في الصحراء  
الكبرى الأفريقية وفي صحراء شبه الجزيرة العربية ، وصحراء ايران ،

وصحراء كاليفورنيا ، وصحراء المكسيك ، في نصف الكرة الشمالى . أما  
النصف الجنوبى فتتمثل في صحارى كلهارى ، وغرب استراليا ، واتاكاما .

### التساقط :

يصعب تحديد كمية الأمطار التى تحدد حدود الصحارى الحارة ،  
ويتراوح الرقم عادة بين ٢٥ - ٣٥ سم . وفى كثير من أجزاء الصحراء الكبرى  
الأفريقية ، وكذلك في أجزاء من كلهارى ، واتاكاما ، واستراليا ، وثار ،  
وسونورا Sonora في شمال غرب المكسيك وجنوب غرب الولايات المتحدة  
يقل التساقط السنوى عن ١٠ سم . ولقد تنعدم الأمطار لسنوات يتراوح  
عددها من ٥ - ١٠ سنة . بل انها تنعدم إطلاقا كما في شمال شيلى حيث لم  
تسجل محطة الرصد في كالاما Calama أمطارا على الإطلاق .

وفضلا عن ندرة الأمطار ، فانها ظاهرة طارئة متذبذبة في كميتها وفي  
فصليتها ، ولهذا فانه يستحيل الكلام عن منحنى نموذجى للمطر أو عن  
معدل سنوى لكميته لآى من محطات الرصد الصحراوية . ويأتى معظم المطر  
في الصحارى الحارة بطريق رخات عنيفة من النوع الانقلابى ، ويسقط فوق  
مساحات محدودة من رقعة الصحراء . ولقد سقط من المطر فوق حلوآن كمية  
مقدراها ٧٧ سم في عشرين عاما ، بمعدل سنوى يقل عن ٤ سم ، وساهمت  
سبع رخات منفردة في سقوط ربع الكمية . وحينما تكثر الأمطار في احدى  
الرخت تنشا سيول عارمة قد تصل الى مراكز العمران فتحدث أضرار بالغة .

وليس لهذه الأمطار أهمية للزراعة ، وذلك بسبب طبيعتها العنيفة ،  
ومحليتها ، وعدم انتظامها من حيث الكمية والفصلية . وكثير من المطر  
يعود فيتبخر حالما يصل الى سطح الأرض بواسطة هواء الصحراء الجاف  
الحار ، ويتسرب قليل منه ليضاف الى مخزون الماء الأرضى الذى يظهر في  
المنخفضات على شكل عيون وينابيع أو يتم ضخه من الآبار . ويصيب  
هوامش الصحراء أمطار قليلة تسقط لنفس أسباب سقوط المطر في الأقاليم  
المناخية المجاورة لتلك الهوامش .

والتبخر شديد للغاية بسبب ارتفاع الحرارة وانخفاض الرطوبة النسبية ،  
وهو عادة يبلغ عشرين مثالا للتساقط ويزيد . ففي يوما Yuma بصحراء  
أريزونا يبلغ معدل التبخر أثناء الأشهر الحارة ١٢٣ سم ، بينما يبلغ معدل  
التساقط في نفس الأشهر ٢٥ سم . وفى صحراء مصر تم تسجيل نسبة رطوبة  
تدنت الى ٢٪ فقط ، في الوقت الذى كانت فيه درجة الحرارة ٣٨°م . ومع  
هذا فعندما تكون الظروف ملائمة قد يتكون الندى والضباب خصوصا في  
منخفضات الواحات .



## الحرارة :

قدمنا المطر على الحرارة لأنه الأساس في تمييز المناخ الجاف . والمدى الحرارى السنوى فى الصحارى المدارية الحارة أكبر من غيره فى أى من المناخات المدارية بما يتراوح بين ٩ - ١٧ درجة مئوية . فالمتوسط الحرارى لشهر يناير بمدينة أسوان يبلغ نحو ١٦°م ، ولشهر يوليو ٣٥°م ، والمدى الحرارى السنوى ١٩°م . ويعظم المدى الحرارى اليومى فيتراوح بين ١٥ - ٢٥°م ، لكنه يصل فى حالات نادرة الى ٣٠ أو ٣٥°م .

وترتفع الحرارة كثيرا فى فصل الصيف ، حيث يتراوح متوسط حرارة أحر الشهور بين ٣٠ - ٣٥°م . وكثيرا ما تسجل الترمومترات درجات حرارية تلو ٤٣°م بل و ٤٥°م وسط النهار . وفى الصحراء الكبرى كثيرا ما تبلغ النهاية العظمى للحرارة فى أوج الصيف ٤٠°م وما فوقها ، تليها نهاية صغرى تهبط الى ٢١°م . ولقد سجلت أعلى درجات الحرارة العظمى فى العالم كله فى بلدة العزيزية بليبيا التى تقع الى الجنوب من طرابلس بنحو ٤٠ كم ، وبلغت ٥٨°م ، كما تم تسجيل حرارة درجتها قريبة من هذا الرقم (نحو ٥٧°م) فى وادى الموت Death Valley بكاليفورنيا .

وفى فصل الشتاء نجد الحرارة ماتزال مرتفعة ، فتتراوح أرقام النهايات العظمى بين ١٥ - ٢٠°م فى المتوسط ، وتصل أحيانا الى ٢٧°م . لكن الحرارة تهبط كثيرا أثناء الليل ، وتسجل نهايات دنيا متوسطها ٥°م ، وقد تهبط الى الصفر وما دونه أحيانا . ولهذا قد يتكون الصقيع الخفيف .

### مناخ السواحل الغربية للصحارى الحارة (BWn)

تتغير الخصائص المناخية (ارتفاع الحرارة، انخفاض الرطوبة النسبية، صفاء السماء) التى تتميز بها الصحراء الحارة فى جهاتها المطنة على المحيطات ، فينشأ نوع معدل من المناخ الجاف يرمز له تريوارثا بالأحرف (BWn) . ويرجع السبب فى نشوء هذا النوع المعدل الى جريان التيارات المائية المحيطية الباردة بموازاة تلك السواحل . ويتضح أثر تلك التيارات الباردة على الخصوص على طول سواحل صحراء بيرو وشمال شيلي فيما بين دائرتى عرض ٤ - ٣١ درجة جنوبا ، وساحل غرب أفريقيا فيما بين دائرتى عرض ٨ - ٣٢ درجة جنوبا ، كما يحس تأثيرها على طول سواحل المحيط الأطلسى المراكشية من الدار البيضاء حتى السنغال ، إضافة الى سواحل الصومال فى شرق أفريقيا ، وسواحل شمال غرب المكسيك . وتعتبر أجزاء من هذه الجهات ، ضمن مناطق الاستبس .

ويرجع السبب فى برودة مياه التيارات المحيطية الى انها نابعة أصلا



في مياه عروض عليا جلبتها الرياح والعوامل الأخرى التي تحرك التيارات وتوجهها ، إضافة الى صعود الماء البارد من أعماق المحيط Upwelling الى السطح بجوار السواحل . وتؤثر مياه هذه التيارات البحرية الباردة في مناخ تلك السواحل ، فتتخفض متوسطات درجات حرارتها عن متوسطات حرارة الجهات التي تقع معها على نفس العروض بنحو خمس أو ست درجات مئوية . وكذلك يقل المدى الحراري السنوي كثيرا ، فيبلغ في كالاو Callao في بيرو نحو ٥°م ، وفي بورت نولووث Port Nolloth بجنوب غرب أفريقيا نحو ٣°م فقط . وللمقارنة نذكر أن المدى الحراري السنوي بأسوان يبلغ ١٩°م ، وفي يعقوب آباد بصحراء ثار في باكستان ٢٢°م .

ويمكن تلخيص المميزات العامة لحرارة نوع مناخ السواحل الغربية للصحاري الحارة (BWn) بالمقارنة بمناخ الصحاري الحارة فيما يلي :

- ١ - المتوسطات السنوية للحرارة أقل منها في الصحاري الحارة .
  - ٢ - حرارة الصيف أقل منها في الصحاري الحارة .
  - ٣ - حرارة الشتاء أكثر اعتدالا .
  - ٤ - المدى الحراري اليومي والسنوي أقل منه في الصحاري الحارة .
- والمطر قليل للغاية على امتداد السواحل الغربية للصحاري الحارة ، فهو يبلغ نحو ٦ سم في بورت نولووث ، وحوالي ٣ سم في كالاو ، كما أن الجفاف يمتد على طول تلك السواحل حتى مسافة قريبة من دائرة الاستواء . لكن هذه السواحل تتميز بارتفاع نسبة الرطوبة وكثرة حدوث الضباب بسبب مرور الهواء البحري فوق التيارات المائية الساحلية الباردة . وتسجل أريصاد هذا النوع المناخى عددا من أيام حدوث الضباب يصل الى ١٥٠ يوما في السنة . ونسيم البحر في تلك الجهات قوى ، ويعزز من قوته الهواء البارد فوق مياه المحيط . ويسمح الضباب الكثيف بنمو نبات هزيل فوق تلال بيرو الساحلية . ونظرا لأن الضباب هو الصفة المميزة لهذا النوع الثانوي من المناخ الجاف ، فان تريوارثا قد ميزه بإضافة الحرف (m) وهو الحرف الأول من الكلمة الألمانية Nebel ومعناها ضباب .

مناخ الاستبس في العروض الحارة (BSb)

التوزيع :

يظهر مناخ الاستبس على هوامش الصحاري المدارية الحارة ، ولهذا فانه يحسب مناخا انتقاليا بين المناخ الجاف BW ومختلف أنواع المناخات الرطبة في الشمال والشرق والجنوب .

ويقسم تريوارثا هذا النوع من المناخ الى قسمين تبعا لموسم سقوط الأمطار كما يلي :

### النوع الأول : مناخ الاستبس ذو الأمطار الشتوية :

ويرمز له تريوارثا بالأحرف (BShs) ، والحرف (s) الصغير يشير الى جفاف الصيف ، ويتمثل في هوامش الصحارى الحارة ناحية القطبين ، مجاورا للمناخ المعتدل ذى الصيف الجاف أو مناخ البحر المتوسط (Cs) ويتمثل فى الأراضى الحدية الواقعة على امتداد شمال الصحراء الكبرى الأفريقية والمتاخمة لنوع مناخ البحر المتوسط ، كما يتمثل فى جنوب قارة استراليا ، وفى العراق ، وفى القسم الشمالى من شبه جزيرة العرب ، وأجزاء من جنوب ايران ، وفى شمال غرب المكسيك ، وفى الجهات المتاخمة للمكسيك من جنوب غرب الولايات المتحدة الأمريكية .

وتسقط أمطار هذا النوع من المناخ فى فصل الشتاء بسبب هبوب الرياح العكسية والأعاصير ، أما فى الصيف الطويل فتسوده أهوية جافة هابطة ترافق نطاق الضغط المرتفع المدارى المربض فوق هذه الجهات . ونظرا لأن الأمطار تسقط فى فصل الشتاء ، فإن التبخر يكون قليلا نسبيا ، وبالتالي فإن القيمة الفعلية للأمطار كبيرة نوعا ، وتسمح لهذا بنمو حشائش الاستبس .

وحيثما نتخذ أرقام مدينة بنغازى كمثال لمحة تقع فى استبس شمالى الصحراء الكبرى الأفريقية ، نجد أن أشهر الصيف الثلاثة ، يونيو ويوليو وأغسطس ، عديمة المطر تماما ، بينما يكون شهرا ديسمبر ويناير أغزر الشهور مطرا ، ويبلغ مجموع كمية المطر السنوية نحو ٣٠ سم فى المتوسط . وتتذبذب كمية المطر من عام لآخر . والمتوسط المذكور محسوب من عدة أرقام متفاوتة لسبع سنين سجل الرصد خلالها لاحدى السنين ٦٠ سم ، والآخرى ٥٥ سم ، والثالثة ١٨ سم ، والرابعة ١٧ سم .

### والثانى - مناخ الاستبس ذو الأمطار الصيفية :

ويرمز تريوارثا بالأحرف (BShw) . ويشير الحرف الصغير (w) الى جفاف الشتاء . ويتمثل فى هوامش الصحارى الحارة جهة دائرة الاستواء ، والمتاخمة لمناخ السافانا (Aw) ويسود هذا المناخ الهوامش الجنوبية للصحراء الكبرى الأفريقية ، واستبس شمال استراليا ، وشمال غرب الهند ، وجنوب غرب أفريقيا .

وتسقط الأمطار فى الصيف ، ومعظمها يسقط فى شهرى يوليو وأغسطس ، حينما يبلغ نطاق الرهو الاستوائى أقصى تقدم له ناحية القطب . وحيثما نتخذ

مدينة جوري Gorée بالسنگال كمثال لهذا النمط المناخى ، نجد أن الأشهر الخمسة من ديسمبر الى مايو جافة تماما ، ويسقط معظم المطر ، حوالى ٩٠ % ، وهو من النوع الانقلابى ، اثناء ثلاثة أشهر هى يوليو وأغسطس وسبتمبر . ولما كانت الأمطار تسقط فى الفصل الحار ، فان قيمتها الفعلية أقل منها فى النوع السابق الذى تسقط أمطاره شتاء ، لكن الأمطار هنا أغزر وأكثر كمية اذ تبلغ فى المتوسط ٧٠ - ٧٥ سم ، مما يعوض الفاقد بالتبخر . وذبذبة كميات الأمطار الساقطة هنا أكبر منها فى النوع السابق .

والحرارة هنا لا تختلف كثيرا عنها فى الصحراء الحارة المجاورة ، ويمكن القول بصفة عامة أن الحرارة ترتفع وتبلغ أقصاها قبيل الفصل المطير ، أى فى أشهر أبريل ومايو ويونيه .

### اقليم المناخ الجاف فى العروض الوسطى (Bwk , BSk)

#### التوزيع :

لم ينشأ مناخ الصحارى والامتبس فى العروض الوسطى نتيجة لموقعه فى اطار نطاقات ضغط مرتفع أو رياح تجارية جافة ، كما هى حال صحارى واستبس العروض المدارية وشبه المدارية ، وانما قد نشأ نتيجة للموقع فى الأجزاء الداخلية من القارات العظيمة المساحة ، بعيدا عن المحيطات التى هى المصادر الرئيسية لبخار الماء ، لهذا فان الرياح تصلها جافة . أضف الى ذلك أن المرتفعات تحيط بتلك الأجزاء وتحرمها من التساقط الغزير .

ويسود هذا المناخ أكبر رقعة من اليابس فى أوراسيا لعظم مساحة أراضيها فى العروض الوسطى ، وتليها فى ذلك أمريكا الشمالية . وعلى الرغم من أن الصحارى المدارية الحارة ينحصر وجودها فى غربى القارات دون شرقها (باستثناء صحراء الصومال فى شرق أفريقيا) فان صحراء العروض الوسطى تمتد لتشمل قسما من شرقى أمريكا الجنوبية هو منطقة بتاجونيا Patagonia فى الأرجنتين ، وهى حالة شاذة لأن المنطقة كلها بسبب ضيقها تقع فى ظل المطر موازية لامتداد جبال الأنديز فى غربها تلك الجبال التى تهب اليها الرياح الغربية (العكسية) فتسقط عليها الأمطار ، فاذا ما تجاوزتها وصلت الى بتاجونيا جافة ، أضف الى ذلك مرور مياه تيار فولك لاند البارد موازيا لسواحل المنطقة . ولا يظهر هذا النوع من المناخ فى قارتى أفريقيا وأستراليا لعدم امتداد يابسهما فى العروض الوسطى بالقدر الكافى لتمثيله بهما .

#### الحرارة والمدى الحرارى :

يتميز المناخ الجاف فى العروض الوسطى عن المناخ الجاف وشبه الجاف



في الجهات المدارية بشتائه البارد ، لكنه يشبهها في كمية الأمطار وتذبذبها .  
أما الصيف فهو حار أو دافئ . ويؤكد الموقع الداخلي للمناطق التي يسودها  
هذا المناخ تميزها بالتطرف الحراري ، فالمدى الحراري اليومي كبير لصفاء  
السماء وقلة الغيوم ، وانخفاض الرطوبة النسبية ، كما أن المدى الحراري  
السنوي كبير أيضا . ونظرا لأن هذا المناخ يسود نطاقا واسعا يضم ما بين  
١٥ - ٢٠ درجة عرضية في أمريكا الشمالية وفي آسيا ، فإنه يصعب تقرير  
ظروف حرارية نموذجية . مثال ذلك أن كلا من الأجزاء الجنوبية من ولاية  
كولورادو وولاية البيرتا تقع ضمن المناخ الجاف بالعروض الوسطى ، رغم أن  
الأولى تخترقها دائرة العرض ٣٧° شمالا ، والأخرى دائرة العرض ٥٠°  
شمالا ، ومن الواضح أن الفروق الحرارية بينهما تكون كبيرة للغاية . وفي  
مدينة طشقند بالتركستان الروسية تبلغ الحرارة في يناير الصفر المئوي في  
المتوسط ، بينما ترتفع إلى نحو ٢٧°م في يولية ، وبذلك يبلغ المدى الحراري  
السنوي نحو ٢٧°م وفي يورجا Urga بمنغوليا تهبط حرارة يناير إلى مادون  
الصفر المئوي بنحو ٢٦°م ، وتعلو حرارة يوليو فوق الصفر بحوالي ١٧°م .

#### التساقط وتوزيعه الفصلي :

المطر قليل فوق الجهات التي يسودها هذا النوع المناخي ، ويرجع ذلك  
إلى وقوع تلك الجهات إما في عمق الجهات الداخلية من الكتل القارية  
الكبيرة أو أنها منعزلة عن المحيطات وتأثيراتها بالحواجز الجبلية ، كما  
أنها باستثناء هوامشها المدارية تتأثر بوجود ضغط مرتفع يرابض فوقها في  
فصل الشتاء . وأكثر أجزائها جفافا تلك الأحواض الداخلية المحاطة بالجبال .  
هذا وتتلقى الجهات التابعة للمناخ الجاف في العروض الوسطى بعضا من  
التساقط في شكل ثلج ، رغم أنه ليس كثيرا ، كما تغطي الأرض بغطاء  
ثلجي رقيق في فصل الشتاء ، وهذه ظواهر لا نجد لها مثيلا في المناخ الجاف  
بالعروض المدارية وشبه المدارية .

ويتباين التوزيع الفصلي للتساقط في مختلف أرجاء هذا الإقليم نظرا  
لاتساعه وامتداده فوق درجات عرضية كثيرة . ففي جهاته الداخلية يكثر  
المطر صيفا نتيجة للحرارة المرتفعة وما يصاحبها من أمطار انقلابية مع  
رطوبة نسبية عالية نوعا ، إضافة إلى هبوب الرياح الموسمية الصيفية التي  
قد تصل إليها ، وذلك على عكس الشتاء حيث يتركز عليها ضد أعصار بسبب  
البرودة ، ويكون التساقط القليل في هيئة ثلج . وينطبق هذا الوصف على  
داخلية آسيا والسهول العظمى بالولايات المتحدة الأمريكية . وحينما نتخذ  
يورجا Urga بمنغوليا مثالا لذلك نجد أنها تتلقى ٨٤٪ من أمطارها السنوية  
البالغة ١٩ سم في أشهر الصيف الثلاثة .



ويكون التساقط في فصل الشتاء والجفاف صيفا في الجهات التابعة لهذا المناخ والتي تقع بالقرب من اقليم مناخ البحر المتوسط (Cs) وهذا هو النظام المثالي لمناخ البحر المتوسط الذي تتميز به الهوامش الغربية للقارات في مجال العروض الوسطى . ويسود هذا النظام المناخى الشتوى المطر في جنوب التركستان الروسية والحوض العظيم في الولايات المتحدة الأمريكية ، وسبب المطر وصول بعض الأعاصير المصاحبة للرياح الغربية الى تلك الجهات ، أما في الصيف فتخضع مثل اقليم البحر المتوسط لتأثير الضغط المرتفع المدارى .

### المناخ الصحراوى فى العروض الوسطى (BWk)

يسود هذا النوع المناخى الثانوى من اقليم المناخ الجاف بالعروض الوسطى الأحواض والمنخفضات فى الأجزاء الداخلية من القارات ، مثل حوض تاريم فى آسيا والحوض العظيم فى الولايات المتحدة الأمريكية . وتبدو هذه الأحواض محاطة بهوامش مرتفعة ، ولذلك فهى تقع فى ظل المطر ، وتتأثر لذلك بتيارات هوائية هابطة مما يجعلها جافة . وتتميز هذه المنخفضات بسبب طبيعتها الحوضية المنعزلة بارتفاع حرارتها فى أشهر الصيف ، حتى لتقترب متوسطات حرارتها حينئذ بالمتوسطات الحرارية لأشهر صيف الصحارى المدارية .

وخير مثال على هذا النوع المناخى الثانوى محطة تورفان Turfan فى منخفض تورفان بولاية سنكيانج Sinkiang بالصين ، ففيها يبلغ متوسط حرارة يولية نحو ٣٢°م . وتبلغ النهاية العظمى للحرارة اليومية ٤٣°م وأكثر . وفى هذه المحطة التى تم فيها تسجيل نهاية عظمى للحرارة بلغت ٤٧°م ، يهبط فيها متوسط حرارة شهر يناير الى أكثر من ١٠°م تحت الصفر . أما بتاجونيا فى الأرجنتين فمنطقة لها وضع مناخى خاص لا ينطبق عليها الوصف السابق لصحارى العروض الوسطى . ذلك لأنها عبارة عن شريط ضيق طويل من اليابس توازيه وتجري بطوله مياه محيطية باردة نسبيا ، ولهذا فإن الحرارة أكثر اعتدالا لتأثرها بمياه المحيط المجاورة ، فحرارة الصيف منخفضة ، وحرارة الشتاء معتدلة بالنسبة لدائرة العرض . ففي سانتا كروز Santa Cruz الواقعة على دائرة عرض ٥٠° جنوبا تبلغ حرارة الصيف (يناير) نحو ١٥°م ، وحرارة الشتاء (يولية) ١٧°م .

### مناخ الاستبس فى العروض الوسطى (BSk)

يشغل مناخ الاستبس فى العروض الوسطى الهوامش الانتقالية أو الوسيطة بين الصحارى والمناخات الرطبة المجاورة . ولقد سبق لنا وصف

خصائص هذا المناخ . ويبقى هنا أن نشير الى أن هذه المناطق أنسب لسكنى البشر من الصحارى بسبب سقوط الأمطار . لكن نظرا لتعرض سقوط الأمطار في هذه المناطق لذبذبات كبيرة سواء في الكمية أو الفصلية فإن السكان يتعرضون لكوارث اقتصادية كبيرة . فقد يغرى سقوط الأمطار الوفيرة في عدة سنوات متوالية سكان هذه المناطق على التوسع في زراعة الأراضي صوب الصحراء ، وتحل بعد ذلك سنين يشح فيها المطر ، فتفشل المزروعات ، وتنفق الحيوانات ، وتحل الكوارث بالسكان . وفي كثير من أجزاء مناطق توزيع هذا النوع المناخي بالولايات المتحدة الأمريكية تقل كمية الأمطار عن المعدل في نحو ٤٠٪ من السنين . وفي خلال فترة رصد مقدارها أربعين عاما ، بلغ معدل سقوط الأمطار السنوي نحو ٣٩ سم ، وكانت أكبر كمية سقطت في عام واحد نحو ٦١ سم ، وأدنى كمية في عام آخر حوالى ١٨ سم فقط .

### إقليم المناخ المعتدل الرطب (C) Humid Mesothermal

يقع هذا النوع من المناخ في العروض الوسطى فيما بين المناخات المدارية الدائمة الحرارة والمناخ القطبي الدائم البرودة . ويتميز عن هذا وذاك بنظام فصلى معلوم في ظروف الحرارة . وهنا تتساوى أهمية الحرارة مع أهمية الرطوبة في التمييز بين مختلف أنماط مناخات العروض الوسطى . ففي الأقاليم المدارية تتمايز الفصول بالرطوبة والجفاف ، فيقال فصل رطب أو ممطر وفصل جاف ، أما في العروض الوسطى فتتمايز الفصول بالحرارة فيقال فصل الصيف وفصل الشتاء .

وفي العروض الوسطى يصبح تغير الطقس سمة مميزة ، ذلك لأنها إقليم الصراع بين كتل هوائية متضادة مختلفة الخصائص : كتل تصدر من المناطق القطبية الباردة وكتل تنبع في المناطق المدارية الحارة ، لهذا يكثر تكون الجبهات والعواصف الأعاصرية مع ما يصاحبها من تغيرات عنيفة في أحوال الطقس . ولهذا تزداد أهمية علم التنبؤ بأحوال الجو في مناخات العروض الوسطى التي تمتاز بالاضطراب والتغير المتكرر .

### الأقاليم المناخية التي تقع في مجال العروض الوسطى :

يمكن التعرف على مجموعتين من المناخ في مجال العروض الوسطى الرطبة هما :

- مجموعة المناخات المعتدلة الرطبة (C) .
- ومجموعة المناخات المعتدلة الباردة الرطبة (D) .

ويسقط الثلج شتاء في مناطق شيوخ كلا المجموعتين ، لكن ما يسقط في المجموعة الأولى (C) قليل ، ولا يبقى فوق سطح الأرض إلا مدة قصيرة . أما ثلوج المجموعة الثانية (D) فكثيرة ، بسبب برودة الشتاء ، وتغطي الأرض بغطاء ثلجي يبقى مدة شهر أو أكثر خلال الشتاء . ولقد اقترح كوين خط الحرارة -3°م لأبرد شهور السنة كي يفصل بين المجموعتين . أما تريوارثا فقد اقترح خط الحرارة صفر درجة مئوية لأبرد الشهور لتعيين الحدود بين المجموعتين (C) و (D) .

وتبعاً لذلك تتحدد مجموعة المناخ المعتدل الرطب (C) Mesothermal بواسطة المجموعة (D) من ناحية القطبين ومن الجوانب الداخلية . أما من ناحية دائرة الاستواء فإن المناخ المعتدل الرطب (C) يجاور المناخ الجاف (B) في غربي القارات والمناخ المداري الممطر (A) في شرقي القارات . ولعله من المفيد هنا أن نستذكر أن خط الحرارة 18°م لأبرد الشهور يمثل الحد الفاصل بين المناخ المداري الرطب (A) والمناخ المعتدل الرطب (C) .

### الأقاليم الثانوية لأقليم المناخ المعتدل الرطب (C) :

يمكن تمييز ثلاثة أقاليم ثانوية يضمها الأقليم المعتدل الرطب هي :

١ - الأقليم المعتدل ذو الصيف الجاف أو أقليم البحر المتوسط

Dry-Summer Subtropical (Cs) . ويتميز بالصيف الجاف ، وبالشتاء

الممطر، فهو اذن شبه رطب .

٢ - الأقليم المعتدل (شبه المداري) الرطب أو الصيني Humid (Ca)

Subtropical وهو أكثر مطراً (رطوبة) من الأقليم السابق ، كما أنه دائم

المطر ، ومطر الصيف أكثر من مطر الشتاء .

٣ - المناخ البحري Marine Climate (Cb) ويتميز بصيف بارد نسبياً

والمطر طول العام ، وهذا النوع يمتد حتى العروض الستينية ، لكنه يلتزم

الجوانب الغربية من القارات في مجال العروض الوسطى حيث تهب الرياح

الغربية (العكسية) طوال العام .

### المناخ المعتدل ذو الصيف الجاف أو مناخ البحر المتوسط (Cs)

#### الخصائص العامة :

يتمثل المناخ المعتدل ذو الصيف الجاف أفضل تمثيل ويشيع وجوده في

مساحة ضخمة من حوض البحر المتوسط ، لهذا فانه يحمل اسم الحوض .

ويتميز هذا النوع المناخي في أبسط صورته بثلاث خصائص هي :



- ١ - أمطاره قليلة نسبيا وتتركز في الشتاء ، والصيف جاف .
- ٢ - الصيف حار أو دافئ والشتاء معتدل .
- ٣ - معدل اشراق الشمس مرتفع خاصة في الصيف .

والواقع أن هذا الاقليم قد اكتسب شهرة عالمية جذابة بسبب طقسه المشمس الواضح ، وسمائه الصافية الزرقاء ، وقلة الأيام الماطرة ، والشتاء المعتدل الحرارة ، وما يرصع أراضيه من ورود وثمار وفيرة .

### التوزيع :

يتمثل هذا المناخ في الهوامش المدارية للعروض الوسطى على امتداد الجوانب الغربية للقارات فيما بين دائرتي عرض ٣٠ - ٤٠ شمالا وجنوبا . وهو بهذا يعتبر مناخا انتقاليا بين مناخ السواحل الغربية المعتدل من جهة ، وبين أنواع المناخ الجاف وشبه الجاف في عروض الخيل (العروض المدارية) من جهة ثانية . ويسبب الانتقال الظاهري للشمس شمالا وجنوبا فان عروض البحر المتوسط تخضع مناخيا للمناخات المدارية الجافة في فصل (هو الصيف) بينما يسودها مناخ العروض الوسطى الرطب في فصل آخر (هو الشتاء) ولهذا فان السكون والثبات المداري يسودان تلك العروض شتاء ، بينما يشيع فيها التغير والاضطراب الجوي الخاص بالعروض الوسطى في فصل الشتاء . ويتمثل نوع مناخ البحر المتوسط مكانيا في خمس مناطق رئيسية هي :

- ١ - الأراضي المحيطة بالبحر المتوسط . وهنا يتوغل هذا النوع على امتداد البحر المتوسط نحو ٤٠٠٠ كم فيما بين قارتي أوروبا وأفريقيا ليطول أراضي آسيا بسواحلها في بلاد الشام (فلسطين ولبنان وسوريا) .
- ٢ - الأجزاء الوسطى والساحلية من جنوب كاليفورنيا .
- ٣ - الأجزاء الوسطى من شيلي .

وفي كاليفورنيا وشيلي لا يسمح امتداد الجبال بتوغل تأثير هذا المناخ الى الداخل ويحصره قريبا من السواحل ، ولهذا يسود المناخ الجاف وشبه الجاف (الاستبس) خلف هذه الجبال (الروكي في حالة كاليفورنيا ، والأنديز في حالة شيلي) .

- ٤ - الطرف الجنوبي الغربي من أفريقيا .
  - ٥ - الطرف الجنوبي الغربي من استراليا .
- ونظرا لصغر امتداد يابس قارتي أفريقيا واستراليا في العروض الوسطى



الجنوبية فان مناخ البحر المتوسط يتمثل في أجزاء محدودة منهما تقع في أقصى جنوب كل منهما وليس في الغرب كما هي الحال في مناطق توزيع هذا المناخ الاخرى .

ويشغل هذا المناخ شبه المدارى ذو الصيف الجاف (Cs) مساحة قدرها كوبين بنحو ١٧٪ من مساحة اليابس العالم . ورغم صغر المساحة التي يشيع فيها ، فانه من أشهر أنواع المناخ ، وذلك لأنه يسود حوض البحر المتوسط ويحمل اسمه ، وهو الحوض الذى نشأت فيه وتطورت أعرق الحضارات البشرية .

### الخصرارة :

يكاد ينعدم وجود الطقس البارد في النظام الحرارى لمناخ البحر المتوسط (Cs) ، وذلك بسبب موقعه الفلكى بالنسبة لدوائر العرض ، ولموقعه الجغرافى في غربى القارات . وعادة ما تتراوح متوسطات حرارة أشهر الشتاء بين ٤ر٥ - ٧ر٥م ، وأشهر الصيف بين ٢١ - ٢٧م . ويتراوح معدل المدى الحرارى السنوى بين ١١ - ١٦م .

### اقليم فرعية من اقليم البحر المتوسط (Cs) :

قسم كوبين اقليم البحر المتوسط الى اقليمين فرعيين بناء على درجة حرارة الصيف ، التى تتباين باختلاف الموقع ، وقد أخذ تريوارثا بهذا التقسيم وهما :

اقليم مناخ البحر المتوسط الداخلى Csa ، و اقليم مناخ البحر المتوسط البخر أو الساحلى Csb

### اقليم البحر المتوسط الداخلى (Csa) :

اضاف كوبين الحرف (a) الى رمز الاقليم (Cs) ليدل على شدة حرارة الصيف ، وفيه تبلغ حرارة أحر الشهور أكثر من ٢٢م . ويقع هذا الاقليم في ظهير الساحل بعيدا في الداخل . وفيه مايزال الشتاء معتدلا ، فدرجة حرارة ريدلاندس Redlands وهى محطة رصد داخلية في كاليفورنيا في شهر يناير ١٠ر٦م في المتوسط، وهى أقل قليلا من متوسط حرارة المحطات الساحلية على نفس دائرة العرض . أما الصيف فأحر كثيرا من المحطات الساحلية ، فحرارة يولية في ريدلاندس ٢٥م ، وفي سانتا مونيكا Santa Monica على ساحل كاليفورنيا ١٨ر٩م . ولهذا فان المدى الحرارى السنوى في محطات رصد اقليم البحر المتوسط الداخلى يصل الى نحو ٨م . ويشيع هذا النوع المناخى في أراضى حوض البحر المتوسط في جنوب أوروبا وشمال

أفريقيا وغرب آسيا . ذلك أن مياه البحر المتوسط الدافئة ليس لها تأثير في تبريد حرارة سواحلها ، ولهذا ينعدم وجود نوع البحر المتوسط الذي يتصف بالصيف المعتدل البارد نسبيا .

وهذه المياه الدافئة هي التي تنشئ نطاقا من الضغط المنخفض في الشتاء تلتقي عنده الكتل الهوائية ، وتتكون الجبهات ، وتجري خطوط الأعاصير المتتالية عبره نحو الشرق . وتحمل هذه الأعاصير بما يصاحبها من أهوية رطوبة الأمطار الشتوية الى عمق الداخل ، لهذا يتسع مجال سيادة نوع مناخ البحر المتوسط (Csb) وينتشر فوق مساحة كبيرة . وإضافة الى منطقة البحر المتوسط يتمثل نوع مناخ البحر المتوسط (Csa) أيضا في داخلية جنوب كاليفورنيا ، والأجزاء الداخلية من جنوب غرب استراليا الذي يتبع مناخ البحر المتوسط .

#### إقليم البحر المتوسط البحري (Csb) :

يضيف كوبين الحرف (b) الى رمز الإقليم (Cs) ويشير الى صيغة المعتدل الذي تقل فيه حرارة أحر الشهور عن ٢٢°م ، وتزيد فيه حرارة أربعة أشهر على الأقل عن ١٠°م . ويسود هذا النوع السواحل التي تطل على مياه باردة نسبيا . فهو يتمثل في سواحل جنوب كاليفورنيا ، وإقليم البحر المتوسط في شيلي وجنوب أفريقيا والأجزاء التابعة لمناخ البحر المتوسط من الساحل الاطلسي لكل من إسبانيا والمغرب ، وكذلك الأجزاء الساحلية التابعة لمناخ البحر من جنوب غرب استراليا .

وفي هذه الجهات يكون الصيف معتدلا أو باردا نسبيا Cool بسبب الموقع البحري من جهة ، والتيارات البحرية الباردة التي تجري بالقرب من هذه السواحل من جهة أخرى . فمتوسط حرارة شهر يوليو في سانتا مونيكا Santa Monica بكاليفورنيا ١٨ر٩°م ، وفي سان فرانسيسكو ١٥°م ، وفي فالباريزو Valpariso بشيلي ١٨ر٩°م ، والصويرة (موجادور) في الساحل المغربي على المحيط الاطلسي ٢٠ر٣°م . ويكثر الضباب البحري لان تلك السواحل تقع على هوامش الصحراء المطلة على البحر . وتتأخر النهاية العظمى للحرارة ، ف شهر أغسطس هو آخر الشهور بدلا من يولية .

والشتاء معتدل ، وينعدم تكون الصقيع تقريبا ، فمتوسط حرارة أبرد الشهور في فالباريزو بشيلي ١٢ر٨°م ، وبيرث Perth في استراليا ١٢ر٨°م أيضا ، وفي سان فرانسيسكو ١٠°م . وفي مثل هذه المحطات البحرية يكون الفرق الحراري السنوي صغير فهو نحو ٥°م في سان فرانسيسكو وحوالي ١١°م في فالباريزو ، والمدى الحراري اليومي صغير أيضا .

من هذا نرى أنه باستثناء السواحل التى تمر بموازاتها تيارات بحرية باردة تكون حرارة الصيف فى اقليم مناخ البحر المتوسط (Ca) بوجه عام مرتفعة تشبه مثيلاتها فى مناخات الصحارى والاستبس المدارية التى تجاورها تجاه دائرة الاستواء . فمناخ محطات الرصد الأوربية على البحر المتوسط تسجل متوسطات حرارية لأحر الشهور تبلغ ٢٣ر٩م° ، وفى شمال أفريقيا نحو ٢٦ر٧م° . والرطوبة النسبية منخفضة ، لهذا فإن اجتماع الحرارة مع الجفاف يجعل الجو محتملا ، فلا يعرف صيف الاقليم ذلك الجو المرهق الذى يوجد بالجهات الحارة الرطبة .

والحرارة وسط النهار مرتفعة بسبب صفاء السماء وارتفاع الشمس ، لكن ما ان يحل المساء حتى تنخفض الحرارة . لهذا فالفرق الحرارى اليومى كبير ، وهى صفة تميز المناخات الجافة بصفة عامة . ففى محطة سكرامنتو Sacramento فى الوادى العظيم Great Valley يسجل الترمومتر درجات حرارة فى نهار الصيف تتراوح بين ٢٩ - ٣٨م° ، ما يلبث أن يليها تبريد أثناء الليل ، فتهدأ الحرارة الى ١٣ - ١٥م° . والمدى الحرارى اليومى لهذه المحطة فى شهر يوليو يبلغ نحو ٢٠م° ، وهو رقم يماثل الرقم المثالى للمناخ الصحراوى .

ويشتهر مناخ البحر المتوسط بشتائه المعتدل الصحو المبهج ، لهذا يقصد سكان العروض العليا مناطق شيوخ مناخ البحر المتوسط للاستمتاع بشمسه الدافئة . وحتى الأجزاء الداخلية من اقليم البحر المتوسط ماتزال تتمتع بشتاء دافئ تزيد حرارته عن الصفر المئوى بما يتراوح بين ٥ - ٩م° . فمتوسط حرارة يناير فى سكرامنتو ٧ر٨م° ، ومارسيليا ٦ر١م° ، وبيروت Brest باستراليا ١٢ر٨م° ، وروما ٦ر٧م° .

وقد يحدث الصقيع أثناء أشهر الشتاء الثلاثة ، لهذا فإن فصل النمو النباتى لا يشمل العام كله ، ومع هذا لا نستطيع أن نقول أن فصل النمو تسعة أشهر ، لأن الاقليم لا يعرف التجمد الا أثناء ليالى معدودات فى وسط الشتاء ، ولا يكون الانخفاض الحرارى الى الصفر وما دونه حادا . فلقد احصيت السنوات التى لم يتكون خلالها صقيع مهلك للمزروعات فى منطقة لوس انجليس فوجد أنها ٢٨ عاما ، وذلك خلال ٤١ عاما ، بينما انخفضت الحرارة بشكل أضر ببعض المزروعات خلال ١٣ عاما فقط . ولقد بلغت أدنى درجات الحرارة التى سجلها الترمومتر فى لوس انجليس - ٢ر٢م° ، وفى نابولى (ايطاليا) - ١ر١م° ، وفى ساكرامنتو - ٨ر٣م° ، وفى أثينا - ١٧ر٠م° وفى فالينسيا (اسبانيا) - ٦ر٠م° . وفى المرات القليلة التى تنخفض



فيها الحرارة ويتكون الصقيع يكون السبب تبريد محلى يعقب وصول هواء قطبي بارد ، وينحصر الانخفاض الحرارى فى طبقة هوائية ضحلة فى الجو السفلى السطحى . ولهذا تزرع اشجار الموالح الحساسة للبرودة على المنحدرات ، وحيننا ما يتطلب الأمر ايقاد النيران فيما بين الاشجار لتفادى الأضرار البالغة التى يحدثها تكون الصقيع .

#### التساقط :

تتراوح كمية المطر بين ٤٠ - ٦٥ سم ، وهى كمية غير كبيرة ، لكن معظمها ان لم يكن كلها يسقط فى النصف الشتوى من السنة ، أما الصيف فجاف . ومناخ البحر المتوسط وحيد فى نمطه ، فليس هناك من المناخات الرطبة ما يكون صيفه بهذا الجفاف . واذا حدث وكان هذا القدر المتواضع من المطر يسقط اثناء صيفه الحار حيث التبخر يكون على أشده ، لتحول الاقليم الى شبه صحراوى . لكن المطر يأتى فى الأشهر الباردة نسبياً حين يقل التبخر ، وبالتالي تزيد قيمة كمية المطر الفعلية فتناسب نمو النبات . ولهذا يوصف مناخ البحر المتوسط بأنه شبه رطب ، ولا يوصف بأنه شبه صحراوى . كما وأن تسميته باسم «المناخ المدارى ذو الصيف الجاف» مفيد للغاية فى التفريق بينه وبين نظيره «المناخ الرطب شبه المدارى» الذى يقع فى الجوانب الشرقية من القارات على نفس العروض .

وتزداد كمية المطر فى مناطق توزيع هذا المناخ كلما اتجهنا نحو القطبين ، ومن الداخل نحو السواحل ، الا اذا وجدت مرتفعات تقوم بتعديل هذه القاعدة . ويمكننا اختيار ثلاث محطات لتوضيح ازدياد كمية الأمطار بالاتجاه شمالاً نحو القطب فى منطقة البحر المتوسط بكاليفورنيا وترتيبها من الجنوب الى الشمال كالتى : سان دييجو فى أقصى الجنوب ٢٤ر٤ سم ، لوس انجيليس ٣٩ر٦ سم ، وسان فرانسيسكو ٥٩ر٢ سم .

وفيما يخص التوزيع الفصلى للأمطار ، نجد أن معظمها (نحو ٧٨٪) يسقط فى الفترة فيما بين ديسمبر ومارس ، ونحو ٢٪ فقط يسقط فيما بين يونية وسبتمبر ، وحوالى ٢٠٪ فى باقى الشهور (أبريل ومايو ، أكتوبر ونوفمبر) . ويرجع السبب فى جفاف الصيف ورطوبة الشتاء ، كما أسلفنا ، الى ترحل نطاقات الضغط والرياح تبعاً لانتقال الاشعاع الشمسى الظاهرى شمال وجنوب دائرة الاستواء ، نحو القطب فى الصيف فيقع الاقليم تحت سيطرة الضغط المرتفع المدارى ، ونحو دائرة الاستواء فى الشتاء ، فيصبح الاقليم تحت سيطرة جبهات وأعاصير العروض الوسطى . فمعظم المطر اعصارى الأصل . ويسقط المطر فى شكل رخات غزيرة ، وتتخللها فترات



صحو واشراق . ولا يسقط في جميع أيام الشتاء ، ذلك أن شهر ديسمبر يشهد نحو ١١ يوما مطيرا ، ويناير ١٢ يوما ، وحوالي ١٠ يوما لكل من فبراير ومارس . ويقل عدد الأيام ويزداد تبعا لموقع المحطة في الداخل أو على الساحل .

### المناخ شبه المدارى الرطب أو المناخ الصينى (Ca (f and w)

أوجه الخلاف بينه وبين اقليم البحر المتوسط :

يختلف المناخ الصينى عن مناخ البحر المتوسط في أمور ثلاثة رئيسية هي:

١ - يوجد المناخ الصينى في شرق القارات فيما بين دائرتى عرض ٢٥° - ٤٠° ، بينما يتمثل مناخ البحر المتوسط في غرب القارات فيما بين دائرتى عرض ٣٠° - ٤٠° ، أى أنهما يقعان على نفس العروض ، لكن المناخ الصينى يمتد نحو دائرة الاستواء أكثر من امتداد مناخ البحر المتوسط بنحو خمس درجات عرضية .

٢ - كمية الأمطار الساقطة سنويا فوق اقليم المناخ الصينى أكثر منها فوق اقليم البحر المتوسط .

٣ - تتوزع الأمطار الساقطة فوق جهات الاقليم الصينى توزيعا حسنا على مدار السنة أو تتركز في الفصل الحار أى فصل الصيف ، أما الصيف فيكون جافا في اقليم البحر المتوسط .

هذا ويضم المناخ الصينى (Ca) عند تريوارثا اقليمين ثانويين عند كوبين هما (Cfa) أى المناخ الصينى ذو الصيف الحار ، (Cwa) أى المناخ الصينى الجاف شتاء والحار صيفا .

### التوزيع الاقليمى :

يتمثل هذا المناخ كما قلنا في شرقى القارات فيما بين دائرتى عرض ٢٥ - ٤٠° شمالا وجنوبا . وهو بذلك يوجد في جنوب الصين ، وجنوب اليابان ، وشمال الهند ، وجنوب شرق أمريكا الشمالية ، وسهول بمباس ، وأوراجواى ، وجنوب بارجواى ، وجنوب شرق البرازيل ، وساحل جنوب شرق أفريقيا ، وأجزاء من شرق استراليا . وجميع مناطق التوزيع كما نرى في شرق القارات ، الى الشرق من قلبها الجاف ، هذا باستثناء أجزاء صغيرة من أوراسيا تتمثل في حوض البو بشمال ايطاليا والحوض الأدنى من نهر الدانوب حيث يتمثل هذا المناخ الصينى (Ca) ويقع عندئذ في غربى القلب الجاف من القارة .

## الحرارة :

تتشابه خصائص الحرارة في كلا الاقليمين الصينى والبحر المتوسط الداخلى Csa وليس هذا بعجيب مادام الاقليمان يقعان على نفس العروض ، لكن مادامت مياه التيارات البحرية الدافئة تجرى بجوار سواحل شرقى القارات ، فاننا لا نتوقع وجود سواحل باردة نسبيا تماثل نظيرتها في اقليم البحر المتوسط Csb حيث تمر بجوار سواحلها وتغسلها مياه تيارات بحرية باردة . وهنا لا نجد محطات تتسم بالبرودة النسبية والضباب مثل الصويرة او سان فرنسيסקو .

## الحرارة في فصل الصيف :

وترتفع الحرارة صيفا اذ يبلغ متوسط حرارة أحر الشهور بين ٢٤° - ٢٧°م وذلك في شرق آسيا وأمريكا الشمالية حيث يتسع اليابس، لكنه ينخفض قليلا في الجهات الساحلية خاصة في نصف الكرة الجنوبي حيث يضيق اليابس ، فيبلغ المتوسط نحو ٢٣°م . مثال ذلك مدينة ديربان Durban في جنوب أفريقيا حيث يصل متوسط حرارة أحر الشهور (هنا شهر يناير) نحو ٢٤°م ، ومدينة بوينوس أيرس Buenos Aires حوالى ٢٣°م . أما في شنغهاي بالصين فان متوسط حرارة أحر الشهور (هنا يولية) تبلغ ٢٧°م ، وفي مونتجومرى بالاباما ٢٧°م .

والى جانب الحرارة المرتفعة في مناخ الاقليم الصينى ترتفع نسبة الرطوبة أيضا ، التى تتراوح بين ٧٠ - ٨٠٪ في المتوسط في أحر الشهور ، ولهذا يكون الاحساس بارتفاع الحرارة والضيق هنا أكثر منه في جهات البحر المتوسط حتى ولو تساوت درجات الحرارة في كلا الاقليمين وذلك بسبب جفاف الصيف . ولا يقتصر ارتفاع الحرارة والرطوبة على النهار فقط ، وانما يستمر اثناء الليل بسبب تغطية السماء بالسحاب الذى يمنع تبدد الاشعاع الحرارى الأرضى كما يحدث في لياالى اقليم البحر المتوسط .

ويشبه المناخ الصينى (Ca) كلا من المناخ الاستوائى (Af) ومناخ السافانا (Aw) في امرين :

١ - تماثل حرارة الصيف : فحرارة نيواورليانز مثلا اثناء أشهر الصيف الثلاثة يونية ويولية واغسطس تكون أعلى من حرارة بيليم Belem في وادى الأمزون بما يتراوح بين ١ - ١٦°م ، وتتماوى المحطتان في كمية المطر السنوية .

٢ - تماثل حرارة لياالى الصيف : ففيها جميعا تكون الليالى حارة

رطوبة . ولهذا فان المدى الحرارى اليومى فى أشهر صيف هذا الاقليم يبلغ نصف مقداره فى اقليم البحر المتوسط .

### الحرارة فى الشتاء :

تعتدل الحرارة فى المناخ الصينى فى فصل الشتاء ، فتتراوح بين ٤٤° - ١٢ر٨م . ففى مدينة مونتجومرى بولاية الاباما يبلغ متوسط حرارة أبرد الشهور ٩٤م° ، وفى شنغهاى بالصين ٣ر٣م° ، وفى بوينوس آيريس بالأرجنتين ١٠م° ، وفى سيدنى باستراليا ١١ر١م° . وتهب على جنوب شرق الولايات المتحدة كتل هوائية مدارية دافئة رطبة من خليج المكسيك ومن المسطحات المائية المدارية بالمحيط الأطلسى فى الشتاء أيضا ، لكنها لا تتمكن من التوغل فى الداخل نظرا لارتفاع الضغط فوق اليابس أثناء ذلك الفصل .

### المدى الحرارى :

المدى الحرارى السنوى فى المناخ الصينى (Ca) صغير فى العادة ، لكن هناك تباينا كبيرا فى قيم المدى الحرارى السنوى بين مختلف جهاته بسبب التباين فى اتساع المساحة وموقع المحطة المناخية بالنسبة لدرجة العرض . ففى بوينوس آيريس يبلغ المدى الحرارى السنوى حوالى ١٣م° ، وفى سيدنى ٩٥° ، لكنه يرتفع فى مونتجومرى الى أكثر من ١٨م° ، وفى شنغهاى يبلغ الذروة اذ يصل الى ٢٤م° . ومن الواضح ان المدى الحرارى السنوى يزداد ويعظم كلما اتسعت مساحة اليابس كما فى آسيا حيث تصبح الظروف ملائمة شتاء لشدة البرودة، فتخرج منها رياح موسمية شتوية باردة تهب على شرقى القارة حيث يسود المناخ الصينى فتتخفض درجة الحرارة انخفاضاً كبيراً ، وبالتالي يعظم الفرق الحرارى بين أبرد الشهور وأحرها .

وتأتى منطقة توزيع المناخ الصينى فى الصين الأولى فى انخفاض حرارة الشتاء ، تليها منطقة توزيعه بجنوب شرق الولايات المتحدة الأمريكية ، ذلك ان متوسط حرارة شهر يناير بمدينة شنغهاى بالصين يبلغ ٣ر٣م° ، وفى مونتجومرى ١١ر١م° .

وفى نصف الكرة الجنوبى تكون الجهات التى تتمتع بالمناخ الصينى أكثر اعتدالا . فحرارة الشتاء بها لا تنخفض الى الحد الذى تبلغه فى جهات توزيعه بجنوب شرق آسيا أو بجنوب شرق الولايات المتحدة الأمريكية ، وذلك لضيق رقعة اليابس وسيادة تأثير المياه الدافئة شتاء .

وتتراوح حرارة وسط النهار فى شتاء الاقليم الصينى بين ١٢ر٨م° - ١٥ر٦م° تقريبا ، وتهبط أثناء الليل فتتراوح بين ١٧ر١م° - ٧ر٢م° . وهذه

الدرجات ليست منخفضة ، ولكن الاحساس بانخفاضها لدرجة الضيق منها يأتي عن طريق اقترانها بارتفاع الرطوبة .

### فصل الانبات :

طويل لا يقل عن سبعة أشهر ، ويطول في بعض جهات الاقليم ويمتد ليشمل العام كله . لكن الحرارة مع هذا قد تنخفض في أى شهر من شهور الشتاء الى درجة التجمد ، وهذا لا يحدث عادة الا في بضع ليال قليلة من هذا الفصل البارد . وكما هي الحال في اقليم البحر المتوسط (Cs) نجد أن طول فصل الانبات وقلة حدوث الصقيع الحاد المميت يجعل هذا الاقليم الصينى مثاليا أيضا لنمو المحاصيل الحساسة والمحاصيل التى تتطلب فصل انبات ونضج طويل .

### التساقط :

تسقط الأمطار في جهات الاقليم الصينى بوفرة ، ولكنها تختلف من مكان لآخر في مجال توزيعه من حيث الكمية والتوزيع الفصلى . وتتراوح كمية الأمطار السنوية بين ٧٦ - ١٦٥ مم ، وطبيعى أن تتناقص الأمطار بالاتجاه للداخل، وتصل الى أدنى حد لها فيما جاور مناطق مناخ الاستبس .

وتسقط الأمطار في بعض جهات هذا الاقليم موزعة على جميع أشهر السنة ، فلا يوجد بها فصل جاف ، ويرمز تريوارثا لمناخ تلك الجهات بالرمز (Caf) ، بينما يصبح الشتاء في جهات أخرى جافا وتتركز أمطارها في فصل الصيف، ويرمز تريوارثا لمناخ هذه الجهات المتميز بهذا النظام بالرمز (Caw)

### الأمطار صيفا :

وأمطار الصيف أغزر من أمطار الشتاء . وهى في مناطق السهول من النوع الانقلابى ، ويصاحب سقوطها حدوث رعد وبرق . والواقع أن جهات هذا النوع المناخى في الولايات المتحدة هى أكثر حظوة من غيرها بعواصف الرعد والبرق ، إذ يحدث بها ما بين ٦٠ - ٩٠ عاصفة رعد وبرق كل سنة . ومعظم هذه العواصف ذات نشأة محلية ناتجة عن التسخين السطحى لكتل هوائية مدارية بحرية . واقتران ارتفاع الحرارة بالرطوبة العالية يهيئ الظروف المناسبة لتكوين عمليات تصاعد وانقلاب محلية نشطة وعنيفة تصيب جنوب شرق الولايات المتحدة .

ويختلف نظام سقوط المطر في بعض أجزاء الاقليم الصينى الآسيوى فى الصين واليابان عن ذلك بعض الشيء . فهنا نجد قمتين للمطر احدهما في بداية الصيف والثانية في نهاية الصيف ، بينما تقل الأمطار نوعا في وسط



الصيف . وتعزى قمتا مطر الصيف في أكبر الظن الى سقوط أمطار اعصارية تصاحب تقدم الجبهة القطبية نحو الشمال وتراجعها صوب الجنوب .

وينحصر سقوط عواصف التيفون والهاريكين في جهات الاقليم الصينى (Ca) في آسيا وأمريكا ، وهى المسئولة عن كثرة المطر في أواخر الصيف وأوائل الخريف في تلك الجهات . وكثيرا ما تسبب غزارة الأمطار أضرارا بالغة لما تحدثه من فيضانات عالية ، كما أن الرياح التى تصاحبها تثير أمواج البحر ، فتتلف منشآت الموانى وتغرق السفن . ففى اعصار أواخر صيف عام ١٩٢٢ الذى ضرب سواحل جنوب الصين وأضر بموانئها تسبب في وفاة نحو أربعين ألف صينى بالاغراق .

### الأمطار شتاء :

نظرا لاستقرار الهواء في الشتاء ، فإن المطر الانقلابى المحلى الناشئ عن التسخين السطحى الذى يحدث في الصيف ، ينعدم في الشتاء . لكن حينما تضطر كتل الهواء المدارى البحرية المستقرة للصعود فوق حواجز تضاريسية أو تنضوى ضمن نظم اعصارية أو على طول جبهات فان الأمطار تتساقط . ولهذا فانه يمكن القول بان المطر الشتوى ضمن نظام المناخ الصينى هو من النوع الاعصارى فوق السهول ، اعصارى تضاريسى فوق الجبال . وتختلف عن أمطار الصيف في أنها تتوزع على مدة أطول ، ذلك أن عدد الأيام الممطرة في الشتاء أكثر من عدد الأيام الممطرة في الصيف . ولما كانت أمطار الصيف أغزر فان ما يسقط في اليوم الواحد من أمطار الصيف يفوق بكثير ما يسقط منها في يوم من أيام الشتاء . ففى شنغهاى في الصين ، يسقط المطر نحو ٦ سم في ١٢ يوما من أيام شهر يناير كل عام تقريبا ، بينما يسقط ١٥ر٣ سم في ١١ يوما فقط من شهر أغسطس ، فكل يوم ماطر من أيام أغسطس أسقط به المطر ثلاثة أمثال ما يسقط في يوم ماطر من أيام شهر يناير . ولهذا تكون السماء غائمة فترات أطول في الشتاء عنها في الصيف .

ويسقط الثلج في الشتاء أحيانا حينما يهب اعصار عنيف ، لكن الثلج نادرا ما يبقى على سطح الأرض أكثر من أيام قليلة ثم ينصهر . ويبلغ متوسط الأيام التى يسقط فيها الثلج فوق ولايات الخليج الامريكى يوما واحدا في كل شتاء . أما في الهوامش الشمالية فان الثلج يسقط في عدد يتراوح بين ٥ - ١٥ يوما، ويمكن فوق سطح الأرض حوالى نفس عدد الأيام .

### مناخ السواحل الغربية (Cb , Cc)

#### التوزيع :

تقع الأراضي التى تتمتع بهذا النوع من المناخ في نطاق العروض

الوسطى ، وتتمثل في أراضى سواحل غربى القارات الواقعة فيما وراء دائرتى العرض ٤٠° شمالا وجنوبا تجاه القطبين ، حيث تهب رياح غربية من المحيطات المجاورة فتجلب لها المؤثرات المناخية المحيطية .

ولا يقتصر وجود هذا النوع المناخى على السواحل الغربية ، بل قد يمتد ليشمل السواحل الشرقية أيضا ، وذلك حيثما يضيق اليابس بحيث يعمه تأثير الرياح الغربية كما فى جنوب استراليا وأفريقيا ، وأيضا حيثما وجدت جزر فى نفس العروض كالجزر البريطانية ، وجزيرة تسمانيا ، وجزر نيوزيلندا .

ولا يصل تأثير هذا المناخ البحرى الى السواحل الشرقية حيثما عظم اتساع اليابس ، وحينئذ تقع تلك السواحل الشرقية تحت تأثير مناخ شرقى القارات فى عروض سيادة النظام الموسمى حيث تسودها الحرارة والأمطار الموسمية صيفا ، وتتعرض لتأثير كتل هوائية قارية باردة فى الشتاء .

ويجاور مناطق توزيع مناخ السواحل الغربية (Cb) من جهة دائرة الاستواء ، اقليم مناخ البحر المتوسط ذو المطر الشتوى ، لكن مناخ السواحل الغربية لا يقع تحت تأثير الضغط المرتفع المدارى صيفا ، ولهذا فانه ممطر أيضا فى فصل الصيف . ولهذا فالفرق كبير بين المناخين : مناخ البحر المتوسط ممطر شتاء ، وجاف صيفا ، بينما مناخ السواحل الغربية ممطر طول العام ، ويساعد على دوام الرطوبة مرور التيارات البحرية الدافئة بحذاء سواحلها ، وهبوب الرياح الرطبة عبرها الى السواحل طوال العام .

وتساعد التيارات البحرية الدافئة مع الرياح الغربية البحرية على سعة امتداد مناخ السواحل الغربية حتى ليجاور مناخ التندرا من جهة القطبين .

وتحدد تضاريس السواحل مدى تداخل وامتداد تأثير مناخ السواحل الغربية نحو الداخل . فحيثما امتدت الجبال موازية للسواحل الغربية وملاصقة لها ، فان مناخ السواحل الغربية ينحصر فى الشريط الساحلى المحصور بين البحر أو المحيط وبين سلاسل المرتفعات ، كما هو الحال فى غربى اسكنديناوة وغرب الأمريكتين ، حيث تمنع سلاسل جبال اسكنديناوة وسلاسل الروكى والانديز وصول تأثير المحيط عبرها الى الداخل . اما فى الأراضى الساحلية المنخفضة ، كما هو حال أجزاء من غربى أوروبا ، فان تأثير البحر يستطيع التوغل نحو الداخل ، ولهذا فان مناخ السواحل الغربية (Cb) يشيع على امتداد نطاق غربى شرقى كبير . وينتهى مناخ السواحل الغربية فى الداخل بمناخات قارية جافة أو رطبة . ففى أمريكا

الشمالية يسود مناخ السواحل الغربية غربي مرتفعات الروكي ، أما في شرقها فيحل محله المناخ الجاف (B) . وفي أوروبا يحل المناخ البارد الرطب (D) في الداخل محل مناخ السواحل الغربية .

### الحرارة :

لعل هذا النوع المناخي هو أحق من غيره بتعبير «الاعتدال الحراري» فهو أكثر اعتدالا من مناخ البحر المتوسط ومن المناخ الصيني لاسيما في الصيف . وحرارة الصيف هنا باردة نسبيا ، فهي مثالية لنشاط الانسان ، لكنها منخفضة بحيث لاتلائم النمو الامثل لبعض محاصيل الحبوب الغذائية . ويكون متوسط حرارة صيف هذا الاقليم أقل من متوسط حرارة صيف الجهات الواقعة على نفس العروض ببضع درجات . والمدى الحراري قليل ، ذلك أن التبريد أثناء الليل ليس سريعا بسبب الرطوبة وغطاء السحاب ، فهو لا يزيد عن عشر درجات مئوية . ومع هذا فقد تشتد حرارة النهار أحيانا حينما يسيطر هواء مداري حار على جهات الاقليم فترتفع الى نحو ٣٧°م كنهاية عظمى ، لكنها لا تدوم طويلا ، كما أن الموجات الحارة نادرة .

وفي الشتاء تكون الحرارة معتدلة جدا بالنسبة لخط العرض . ويرجع سبب ذلك بالنسبة لغرب أوروبا لمرور مياه تيار الخليج الدافئ (تيار شمال الأطلسي) بجوار سواحلها ، ومن ثم تكون حرارة معظم جهات غربي أوروبا أعلى بالنسبة لعروضها بما يتراوح بين ١١ - ١٧°م . أما بالنسبة لغرب أمريكا الشمالية فإن التيارات البحرية الدافئة التي تمر بسواحلها أقل تأثيرا ، لكنها ترفع حرارتها بالنسبة لعروضها بما لا يقل عن ٥ أو ٦°م .

وتتناقص الحرارة شتاء بالاتجاه نحو الداخل . مثال ذلك باريس التي تهبط الحرارة فيها نحو ست درجات مئوية عن بريست Brest التي تقع على الساحل . وكذلك حال رؤوس الفيوردات النرويجية في الداخل تقل فيها حرارة الشتاء بنفس المقدار تقريبا على الساحل المشرف على المحيط . ولا تتجمد مياه ميناء هامرفيست Hammerfest على ساحل النرويج والواقعة على دائرة العرض ٥٧° شمالا ، بينما تتطلب السفن الداخلة الى ميناء هامبورج محطات الجليد لتخلي لها الطريق لدخول الميناء شتاء ، رغم أن هامبورج تقع على دائرة العرض ٥٤° شمالا وتبلغ متوسطات حرارة غرب أوروبا بين ٢ - ١٠°م في شهر يناير ، بينما تهبط في جهات داخلية آسيا الواقعة على نفس العروض الى ١٨ - ٤٠°م تحت الصفر المئوي .

ويبلغ متوسط حرارة أبرد الشهور في لندن ٤°م ، وفي فالينسيا València بايرلندا ٧°م ، وفي فالديفيا Valdivia بشيلي ٨°م . والمدى الحراري السنوي صغير ، فيبلغ في لندن ٧°م ، وفي فالينسيا ٨°م . وليالي يناير التي ترتفع فيها الحرارة عن الصفر المئوي في لندن أكثر عددا من الليالي التي



تنخفض فيها الحرارة عن الصفر . ويندر فيها أن يسجل الترمومتر حرارة تقل عن - ٩° م . ولم يسجل الترمومتر حرارة أقل من - ١٥° على الإطلاق .

ويحدث الصقيع في جهات اقليم مناخ غرب أوروبا شتاء ، وتختلف مدة حدوثه من منطقة لأخرى ، وهو أشد وأكثر حدوثا من جهات اقليم البحر المتوسط ومع هذا فإن فصل النمو النباتي طويل ، يتراوح بين ١٨٠ - ٢١٠ يوما في السنة ، لكنه أقل من مثيله في اقليم البحر المتوسط .

ويصيب اقليم مناخ غرب أوروبا موجات باردة قاسية في فصل الشتاء حينما تغزوه كتل هوائية قارية قطبية باردة من مناطق الضغط المرتفع المrabضة فوق اليابس الداخلى . وهكذا يعاني الساحل الأمريكى الغربى من وصول رياح باردة شمالية شرقية ، وكذلك غرب أوروبا الذى تهب عليه شتاء كتل هوائية قارية البرودة تأتيه من الشمال الشرقى وأحيانا يسود غرب أوروبا هذا الهواء القطبى القارى الشديدة البرودة لعدة أسابيع كما حدث في شتاء عام ١٩٢٩ ، حينما انخفضت درجات الحرارة في السهل الانجليزى الى ما دون الصفر لمدة حوالى عشرة أيام متواصلة ، وتجمدت مياه نهر التيمز ، وتأثر جميع جهات الجزر البريطانية بالصقيع لمدة خمسة أسابيع . وفي القارة الأوروبية ذاتها تجمدت مياه موانى شمال ألمانيا ، كما تجمدت مياه الراين على جميع طوله . ومع هذا فإن غزوات مثل هذا الهواء القارى القطبى البارد قليلة ، لأنها كما نرى من الشمال الشرقى فتواجه الهواء البحرى المعتدل الآتى من الغرب ، مما يحد من تأثيرها . كما وأن الساحل الغربى الأمريكى محمى الى حد كبير ضد غزوات هذا الهواء القطبى البارد بواسطة الحواجز الجبلية .

### الأمطار :

تسقط الأمطار بكميات وفيرة طوال السنة . وتختلف كمية الأمطار السنوية من مكان لآخر تبعا لعدة عوامل أهمها خصائص السطح . فتكون الأمطار متوسطة الكمية حيثما تسود السهول في غرب أوروبا ، وتتراوح حينئذ بين ٥٠ - ١٠٠ سم كل سنة . أما حيثما تكون السواحل الغربية مرتفعة وتحاذيها السلاسل الجبلية ، كما هى الحال في النرويج ، وشيلي ، وغرب أمريكا الشمالية ، فإن الأمطار تكون غزيرة ، وتتراوح كمياتها حينئذ بين ٢٥٠ - ٣٨٠ سم .

ويقابل هذا التباين في الكمية اختلاف في التوزيع ، فحيثما تسود السهول تتوزع الأمطار المتوسطة الكمية على مساحة كبيرة تمتد بعيدا نحو الداخل ، أما في المناطق الساحلية الجبلية فإن الأمطار تتركز على السفوح الغربية للمرتفعات ، وهى السفوح المواجهة للرياح الغربية الممطرة ، وعلى



المتوسط ، وللمقارنة يبلغ الصيف سبعة أشهر بحرارة تزيد على ١٠م في  
جهات المناخ القارى الدافئ الصيف (Da) .

ونظرا لأن الصقيع يأتى مبكرا ويرحل متأخرا ، فان فصل النمو النباتى  
يتراوح بين ٣ - ٥ أشهر فقط ، وهى فترة قصيرة لا تكفى لزراعة عدد من  
الحاصلات . لكن يعوض برودة الصيف النسبية وقصره طول النهار اثناء  
أيام فصل الصيف ، ولهذا تنمو بعض المحاصيل نموا جيدا . ورغم برودة  
الصيف النسبية ، وتعرضه لكتل هوائية قطبية باردة ، فان الحرارة قد  
ترتفع اثناء ارتفاعا كبيرا لتصل الى ٣٢م وأكثر اثناء أسبوعين أو ثلاثة ،  
وذلك حينما يتعرض الاقليم مثل سابقه لموجات حرارية مدارية ، لكنها  
لا تكون بقسوة ما يصيب الاقليم السابق (Da) .

والشتاء ببرودته الشديدة هو الظاهر السائد فى هذا النوع من المناخ .  
ففى بارنول بسيبيريا تهبط حرارة الشتاء الى (-١٨م) ، وفى سابورو  
باليابان (-٦١م) وفى أوبسالا Uppsala بالسويد (-٤م) . لكن  
الحرارة تتذبذب كثيرا اثناء أيام الشتاء بل اثناء اليوم الواحد بسبب اختلاف  
ما تعرض له جهات هذا المناخ من كتل هوائية ، بعضها شديدة البرودة  
وبعضها بارد . ففى مدينة وينيبج بكندا يبلغ معدل النهايات العظمى  
اليومية لشهر يناير (-١٤م) ومعدل النهايات الصغرى (-٢٥م) .

وبرودة الشتاء ليست بهذه الشدة فى الأجزاء الغربية من مناطق سيادة  
هذا المناخ (Db) فى أوروبا ، أى فى ألمانيا الشرقية وبولندا وجنوب السويد .  
فمعدل حرارة يناير فى برلين يبلغ (-٠م) وفى بوزين Posen (-١٧م)  
وهذا المعدل أعلى من مثيله فى كثير من جهات مناخ الاقليم السابق (Da)  
فى شرقى آسيا وشرق الولايات المتحدة . ومرد ذلك الى أن هذه الجهات  
من أوروبا تتأثر بكتل هوائية بحرية تجعل صيفها باردا نسبيا ، وشتاءها  
معتدل البرودة .

### التساقط :

تختلف كمية التساقط من جهة لأخرى فى أرجاء هذا الاقليم ففى الأجزاء  
الداخلية من أمريكا الشمالية وسيبيريا ومنشوريا تقل كمية الأمطار فتتراوح  
بين ٦٣٥ سم - ٧٦٢ سم ، وقد تهبط الى نحو ٥٠ سم ، وتمثل هذه  
الأجزاء القسم شبه الرطب من هذا المناخ ، وتسقط الأمطار صيفا ، ويقل  
التساقط جدا شتاء .

وتزيد كمية التساقط فى شرق الولايات المتحدة وكندا وشمال اليابان

والأجزاء الغربية من المنطقة التي يتمثل فيها هذا المناخ في أوروبا . ورغم تركزه هنا في الصيف أيضا ، فإن الشتاء ليس جافا ، والتساقط فيه على هيئة ثلج . ويرجع جفاف الشتاء أو قلة التساقط به الى كثرة غزوات الكتل الهوائية القطبية الباردة من جهة ، وإلى ارتفاع الضغط وخروج الهواء من اليابس من جهة أخرى .

وتمثل مدينة وينيبج الأجزاء الداخلية حيث يقل التساقط شتاء . ففيها تبلغ كمية التساقط السنوية ٥١٣ سم ، وما يسقط منها في شهر يوليو يعادل أربعة أو خمسة أمثال ما يسقط منها في شهر يناير . وفي فلاديفو ستوك Vladivostok تبلغ الكمية السنوية ٣٧٣ سم ، يخص شهر يوليو منها ٨٩ سم ، وشهر يناير ٢٥ سم .

أما في أجزاء هذا الاقليم (Db) الأكثر مطرا ، فإن التساقط في الصيف يعادل تقريبا التساقط في الشتاء . ففي كوبيك بكندا يسقط كل عام نحو ١٠٣٤ سم ، منها نحو ١١ سم في يولية ، ٨٧ سم في يناير ، بل أن التساقط في بورتلاند في يناير البالغ ٩٩ سم يفوق التساقط في يوليو البالغ ٨٦ سم .

#### المناخ شبه القطبي (Dc , Dd) Subarctic

##### التوزيع :

يمثل هذا الاقليم أقصى التطرف بين المناخات القارية، فهو يختص بأعلى مدى حرارى سنوى بين الأنواع المناخية على الاطلاق . وتبعا لرموز كوبين فان الحرف (c) الصغير يعنى الصيف البارد الذى يتراوح طوله بين شهر واحد وثلاثة أشهر تكون الحرارة فيه أعلى من (١٠°م) ، والحرف الصغير (d) يعنى الشتاء البارد الذى تبلغ فيه حرارة أبرد الشهور (٣٨°م) . ونوع المناخ شبه القطبي السائد هو نوع (Dc) أما نوع (Dd) فلا يتمثل سوى في الجزء الشمالى الشرقى الأقصى من سيبيريا .

وتتوزع أراضي المناخ شبه القطبي بين دائرتى عرض ٥٠° (أو ٥٥°) - ٦٥° شمالا ، ويفصله عن مناخ التندرا (ET) في الشمال خط حرارة ١٠°م لأحر الشهور الذى يكون عادة شهر يولية ، وهو مهم للغاية لأنه يتفق مع الحد القطبي لنمو الغابات ، ويطلق الروس عليه وعلى ما ينمو به من غابات صنوبرية اسم التاييجا Taiga ، وأصبح هذا الاسم يطلق على مناطق توزيع تلك الغابات في شمال القارات .

وتمتد الأراضي التي تتبع المناخ شبه القطبي أو مناخ التاييجا من

بعيدا عن تأثير البحار من جهة ، وفي عروض أعلى من عروض المناخ المعتدل الدافئ (C) من جهة أخرى .

### الحرارة :

تتباين الحرارة بشدة في مختلف جهات هذا الاقليم نظرا لكثرة العروض التى يتمثل فيها (فيما بين ٤٠ - ٥٦٥ شمالا) . وتمتاز الحرارة فيه بالتطرف ، وتبعاً لذلك يعظم المدى الحرارى السنوى . وحرارة الصيف مرتفعة بالنسبة لخط العرض ، لكن الشتاء شديد البرودة ، ومن هنا يأتى الفرق الحرارى السنوى الكبير . وتتفاوت الحرارة الفصلية من عام لآخر ، حتى لتبلغ الفروق الحرارية للفصل الواحد بين عامين متتاليين نحو ١٥°م ، وهذا ما لا نجده في المناخات البحرية ، حيث تتساوى المتوسطات الحرارية الفصلية من عام لآخر .

وتتساقط الثلوج في فصل الشتاء ، وتغطي سطح الأرض ، وتبقى فوقه مدة طويلة تكفى للتأثير على درجات الحرارة ، فتعمل على خفضها . ذلك أن معظم الاشعاع الشمسى الذى يسقط على الغطاء الجليدى يعود فينعكس ، ويرتد الى الفضاء دون أن يستفيد منه سطح الأرض أو الهواء المحيط . ولما كان الجليد رديء التوصيل للحرارة ، فانه لا يسمح للاشعاع الأرضى بالنفاذ خلاله والوصول الى السطح لكى يرفع من حرارة الهواء ، ويعوضه الحرارة التى فقدتها بلامسته للجليد .

وقد تبين من الدراسات التى أجريت في ليننجراد بالروسيا عقب سقوط نحو ٥١ سم من الثلوج ، أن درجات الحرارة قد هبطت الى - ٣٩°م ( ٣٩ تحت الصفر المئوى) عند السطح ، بينما سجلت درجات التربة أسفل الجليد - ٢٨°م ، وتبعاً لذلك يكون الفرق الحرارى بين حرارة التربة أسفل الجليد وحرارة الجو على سطح الجليد نحو ٤١°م .

وعندما يحل فصل الربيع وترتفع درجات الحرارة ، فان قسماً كبيراً منها يستهلك في صهر الجليد، ولهذا يتأخر رفع حرارة الجو . ورغم سلبية الجليد على حرارة الجو ، فانه يحفظ للتربة حرارتها ، وبالتالي يقلل من عمق تجمدها .

### التساقط :

يحدث شتاء على هيئة ثلج ، وصيفا في شكل مطر . والتساقط في الصيف أغزر منه في الشتاء للأسباب الآتية :

١ - تقل الرطوبة في الهواء فوق الكتل القارية شتاء بسبب البرودة ، بينما يزداد المحتوى من بخار الماء في الجو صيفا بسبب ارتفاع الحرارة ، مما يهيئ الفرصة لزيادة كميات التساقط .

٢ - يكون الهواء باردا في الشتاء، فيرتفع الضغط فوق أسطح القارات، وتبعاً لذلك لا تتمكن الرياح الرطبة والأعاصير الممطرة من التوغل نحو الداخل ، فيقل التساقط ، ويحدث عكس هذا صيفا حيث يكون الضغط فوق القارات منخفضاً لارتفاع الحرارة ، فتستطيع الأعاصير والرياح الممطرة التوغل في الداخل واسقاط الأمطار الغزيرة .

٣ - يكون الهواء مستقراً في الشتاء بسبب برودته للامسته لسطح الجليد ، المتراكم على سطح الأرض ، ومن ثم يستحيل حدوث عمليات تصعيد هوائى وحركات انقلابية تتسبب في اسقاط المطر كما هي الحال في الصيف ، حينما ترتفع الحرارة ، فتتهدأ الفرص لاسقاط المطر الانقلابى .

٤ - ينشأ نظام شبه موسمى للرياح بسبب التطرف الحرارى وما يترتب عليه من اختلاف في الضغط صيفا وشتاء . ولهذا نجد الرياح تهب من البحر نحو اليابس صيفا فتجلبب الرطوبة والمطر ، بينما تخرج من اليابس شتاء .

هذا وليس للتساقط الشتوى أهمية بالنسبة للنمو النباتى بسبب شدة البرودة ، ولهذا فان شتاء اقليم المناخ البارد (D) الطويل القارس البرودة هو فصل سكون نباتى . بينما تصاحب حرارة الصيف غزارة الأمطار مما يسمح بفصل انبات جيد .

### الأقاليم الثانوية :

يقسم تريوارثا اقليم المناخ البارد (D) الى الأقاليم الثانوية الآتية :

- ١ - اقليم المناخ القارى الرطب ذو الصيف الدافئ (Da) .
- ٢ - اقليم المناخ القارى الرطب ذو الصيف المعتدل أو البارد نسبياً (Db) .
- ٣ - اقليم المناخ شبه القطبى (Dc , Dd) .

ويقع الأقليمان الأولان حول الهوامش الجنوبية تجاه دائرة الاستواء ومناخهما يصلح لقام حياة زراعية ناجحة ، بينما الأقليم شبه القطبى الذى يمثل الأدلراف الشمالية تجاه القطب محدود القيمة زراعياً .

وفيما يلى دراسة موجزة لتلك الأقاليم الثانوية :

### المناخان القاريان الرطبان (Da , Db)

#### التوزيع :

ينتهى توزيع وتأثير مناخ السواحل الغربية اما فجأة اذا ما وجدت



حواجز جبلية ، أو بالتدريج حيثما وجدت سهول ، في داخلية القارات ، ويحل محله مناخ قارى متطرف . ففي أمريكا الشمالية حيث يوجد حاجز جبالى عظيم يكون التغير سريعا ومفاجئا ، بينما يصير التحول من مناخ السواحل الغربية الى المناخ القارى في غرب أوروبا حيث السهول متدرجا للغاية .

وهناك وجه اختلاف آخر يميز الكتلتين القاريتين العظيمتين اللتين تكونان نصف الكرة الشمالى بالنسبة لترتيب الأنواع المناخية . ففي أمريكا الشمالية تفصل المناخات الجافة وشبه الجافة مناخ السواحل الغربية (Cb) عن المناخ القارى الرطب (D) في أقصى الشرق ، وذلك نتيجة للمانع الجبلية الذى يحول دون عبور الرياح الغربية الممطرة ويقصرها على السفوح الغربية والسهول الساحلية الغربية . ولهذا يصبح يابس القارة شرق الجبال جافا لأنه واقع في ظل المطر ، فينتهى بذلك مناخ السواحل الغربية الرطب بمناخ قارى جاف  $k(BS(W))$  .

أما في أوراسيا فإن امتداد السلاسل الجبلية من الغرب الى الشرق يسمح بمرور الكتل الهوائية البحرية الرطبة بموازاتها الى داخلية القارة حتى شرقها ، ولهذا فإن المناخ القارى الرطب يوجد في الشرق وفي الوسط غير مفصول بمناخ جاف عن مناخ السواحل الغربية ، كما يوجد المناخ القارى الرطب أيضا في شرق آسيا .

ويتدرج المناخان في القاريان الرطبان (Da , Db) في أمريكا الشمالية وكذلك في شرق آسيا الى المناخ شبه المدارى الرطب أو المناخ الصينى (Ca) ناحية دائرة الاستواء ، وإلى المناخ شبه القطبى البارد (Dc , Dd) ناحية القطب . أما في أوروبا فإن المناخان ينتهيان الى مناخ البحر المتوسط (Cs) ناحية دائرة الاستواء ، وإلى المناخ شبه القطبى ناحية القطب .

ولقد يبدو الأمر عجيبا وشاذا أن يمتد تأثير المناخ القارى ليسود سواحل المحيط في الجوانب الشرقية للقارات . ولكن الواقع أن تلك السواحل تقع في ظل المطر ، ولذلك فإن تأثير المحيط المجاور لا يكون فعالا في تلطيف درجات الحرارة . ونظرا لأن اتجاه الدورة الهوائية العامة في العروض الوسطى من الغرب الى الشرق ، فإن الكتل الهوائية القطبية البحرية النابعة من المحيط في الشرق تجد صعوبة كبيرة في التحرك غربا نحو داخلية القارة . وإن الجنوح نحو نظام موسمي للرياح يسود هذه السواحل الشرقية يؤكد قاريتها ، لأن الرياح التى تهب عليها شتاء تتمثل في كتل هوائية قطبية باردة ، وفي الصيف تهب عليها رياح رطبة نسبيا ممثلة في بعض كتل هوائية مدارية رطبة .

## الحرارة :

يتميز المناخان القاريان الرطب (Da , Db) بصيف دافئ الى حار، وشتاء بارد ، ولهذا فان المدى الحرارى السنوى كبير . فالرياح الشتوية قطبية باردة ، والرياح الصيفية مدارية حارة، وهذه وتلك تؤكد التطرف الحرارى . ويزداد التطرف من الساحل نحو الداخل ومن الجنوب صوب الشمال .

مثال ذلك مدينة نيويورك ومدينة أوماها Omaha بولاية نبراسكا ، فهما تقعان على دائرة عرض واحدة ، لكن نيويورك تقع على الساحل مطلّة على المحيط الأطلسى ، بينما تقع أوماها فى عمق الداخل . فتبلغ حرارة يولية فى المدينتين على الترتيب ٢٣°م ، ٢٥°م ، وحرارة يناير -٦°م ، -٦°م ، يكون المدى الحرارى السنوى لنيويورك ٢٤°م ، وأوماها ٣١°م .

## التساقط :

يقل التساقط فى الجهات التابعة لهذين المناخين (Da , Db) من السواحل نحو الداخل ، ومن الجنوب نحو الشمال . والتساقط فى فصل الصيف أغزر من فصل الشتاء ، خاصة فى داخلية القارات ، وفى المناطق التى تتميز بالطابع الموسمى . وفى مدينة بيكين فى شمال الصين التى تتمتع بالطابع الموسمى تبلغ كمية التساقط فى كل من شهرى ديسمبر ويناير ٣ سم ، بينما يصل فى يولية الى ٢٣ سم ، وفى أغسطس الى ١٥ سم . وفى مدينة أوماها التى تمثل النظام القارى الداخلى بأمريكا الشمالية ، يبلغ التساقط فى يناير ١٨ سم وفى يونية ١٢ سم .

وفى المناطق الداخلية شبه الرطبة من الكتل القارية تبلغ الأمطار نهايتها العظمى فى أواخر الربيع وأوائل الصيف ، كما هى الحال فى حوض الدانوب بأوروبا وفى القسم الغربى من إقليم البرارى بالولايات المتحدة الأمريكية . وفى بلغراد عاصمة يوغسلافيا يكون شهر يونيو أكثر الشهور مطراً ، وأمطار مايو أكثر من أمطار يونيو رغم أن الأخير هو أحر الشهور ، ومثل هذا يقال عن أمطار أوماها ببرارى الولايات المتحدة .

وأمطار الصيف من النوع الانقضى ، ويصاحبها برق ورعد . ويمكن تعليل كثرة الأمطار فى أواخر الربيع وأوائل الصيف فى بعض جهات المناخ القارى الرطب (D) كما فى حوض الدانوب وغرب البرارى ، بأن الثلوج تنصهر فى الربيع بسرعة ، ويدفأ سطح الأرض بالأشعاع الشمسى القوى سريعاً ، وحينما يحل شهر مايو أو شهر يونية تكون طبقة الهواء السفلى قد ارتفعت حرارتها ، بينما ما فوقها من طبقات هوائية مازال بارداً ، وتبعاً لذلك يصبح الجو مضطرباً غير مستقر ، فيكثر التصاعد والانقلاب ويبلغ اقصاه فى أوائل الصيف ، حينما يكون التفاوت الحرارى على طبقتى الهواء

السفلى والعليا على أشده . أما في وسط الصيف فان عدم الاستقرار الهوائى الناشئ عن التفاوت الحرارى بين طبقات الهواء السفلى والعليا يكون اقل ، رغم ارتفاع حرارة الجو بصفة عامة ، ولهذا يقل التصاعد والانقلاب نوعا ، وتبعاً لذلك تقل الأمطار عن بداية الصيف .

وتختلف أمطار شتاء الجهات التى تتبع هذين المناخين القاريين الرطبيين (Da, Db) عن أمطار الصيف ، فى أنها اقل كمية كما أنها أمطار اعصارية . ذلك أن الكتل الهوائية المدارية البحرية تغزو الأجزاء الداخلية من القارات ، وتقابل كتلا هوائية قطبية باردة تجبرها على الصعود فوقها ، وتتكون جبهات هوائية ويحدث التساقط . والتساقط الشتوى فى الأراضى التابعة لهذين المناخين يكون جزء منه على شكل ثلج ، يتراكم على سطح الأرض ، مكونا لغطاء جليدى رقيق نوعا ، يستمر فترة تتراوح بين بضعة أسابيع وأربعة أشهر . ويكون الغطاء الجليدى سميكاً فى بعض الجهات التى يكثر فيها التساقط الثلجى كما فى اقليم البحيرات العظمى وحوض السنت لورنس ، ومنطقة نيوانجلند والولايات البحرية الكندية ، فهنا يبلغ سمك الغطاء الثلجى أكثر من مترين ، ويمكث فوق سطح الأرض نحو أربعة أشهر .

هذا ويتميز طقس الشتاء بحدوث عواصف ثلجية ثقيلة تعرف فى ولايات شرق الولايات المتحدة باسم بليزارد Blizzard ، ويعرفها تريوارثا بأنها «زوبعة من الهواء القارس البرودة (تحت الصفر المئوى) تحمل دقيق الثلج» . وقد لا يسقط ثلج حين هبوبها ، لكن الهواء يمتلىء الى ارتفاع عدة مئات من الأمتار بكتل هائجة من الثلوج المنشورة فى هيئة الدقيق ، تسفيها الرياح وترفعها من الثلوج التى سبق تراكمها على سطح الأرض . ويقول تريوارثا ان هذه الزوابع أقوى وأعنف من أن توصف بأنها مجرد «موجة باردة» لأن الأخيرة تتميز بانخفاض حاد فى درجات الحرارة يصل الى الصفر ، لكنها لا تتميز بهذا الطقس الثلجى الذى سبق وصفه ، وعادة ما يسبقها سقوط مطر أو ثلج .

وتسبب زوابع البليزارد خسائر فى الأرواح البشرية والحيوانية . ففي أثناء زوبعة بليزارد حدثت يوم ١٢ يناير عام ١٨٨٨ ، واجتاحت ولايات السهول الشمالية الأمريكية ، بلغت سرعة الرياح الباردة ٨٠ كم/ساعة ، وانخفضت درجات الحرارة الى ٢٠°م تحت الصفر ، وراح ضحيتها نحو ٣٠٠ شخص ، كما نفقت عدة آلاف من الأبقار . وزوابع البليزارد نادرة الحدوث فى الولايات الشرقية ، وتحدث أحيانا فى الغرب الأوسط ، ويتكرر حدوثها كل شتاء فى ولايات السهول وغرب البرارى . وتعرف مثل هذه الزوابع أيضا فى سهول روسيا وسيبيريا حيث تعرف باسم بوران Buran .



## المناخ القارى الرطب الدافئ صيفا Da

(المطر طول العام Daf ، والمطر صيفا Daw )

يعرف المناخ القارى البارد ذو الصيف الدافئ أحيانا باسم «مناخ نطاق الذرة» لأن معظم محصول الذرة الذى يدخل التجارة العالمية يزرع فى الأراضى التى تتصف بهذا النوع المناخى . كما يعرف أحيانا «بمناخ البلوط» لأن نطاق نمو غابات البلوط يتفق مع هذا المناخ . وهو يسود الهوامش الجنوبية من الاقليم القارى البارد لأنه النوع الدافئ من المناخين . بينما يتمثل النوع البارد الصيف Db فى الهوامش الشمالية من ناحية القطب . ويفصل خط الحرارة ٢٢°م لأحر الشهور بين النوعين Da و Db .

ويتمثل هذا النوع الثانوى Da من المناخ القارى البارد فى الولايات المتحدة الأمريكية، فى عدد من الولايات التى تمتد من وسط كانساس ونبراسكا فى الغرب الى ساحل المحيط الأطلسى فى الشرق ، والتى تشمل ، إضافة للولايتين المذكورتين ، ولايات أيوا Iowa وميسورى الشمالية والوسطى ، والينوى ، وانديانا ، وأوهايو ، وأجزاء من بنسلفانيا ومارى لاند ، ونيوجيرسى ، وكونيكتيكات . يقع نطاق الذرة الأمريكى ضمن أراضى توزيع هذا النوع من المناخ .

وفى أوروبا يتمثل هذا النوع Da فى الأجزاء الجنوبية من وسطها ، خاصة فى حوض الدانوب ودول البلقان وأعلى حوض نهر البو (Po) فى شمال إيطاليا حيث يزرع معظم الذرة فى أوروبا . وفى آسيا يسود هذا المناخ الثانوى أجزاء من شرق آسيا فى شمال الصين ومعظم كوريا .

## الحرارة :

يتميز فصل الصيف فى الأراضى التابعة لهذا المناخ (Da) بطوله ورطوبته ، ودفعه ، وتلك صفات تصاحب الكتل الهوائية المدارية الرطبة التى تسودها فى هذا الفصل . وتبلغ حرارة الصيف فى الجهات التى تتبعه فى آسيا وأمريكا الشمالية بحرارة مرتفعة تشبه حرارة الجهات شبه المدارية بل والجهات المدارية أيضا . وفى بلدة يوربانا Urbana بولاية الينوى ، الواقعة فى قلب نطاق الذرة الأمريكى ، يبلغ متوسط حرارة يولية ٢٤°م ، ومتوسط النهايات العظمى ٢٩ر٨°م ، وأقصى درجة تم تسجيلها كانت ٤٠ر٦°م . ويبلغ متوسط النهايات الصغرى فى نفس المدينة ١٧ر٨°م . فقد يحدث أحيانا أن يغزو هواء قطبى تابع لجهات باردة وما يصاحبها من زوايع برق ورعد بعض جهات هذا الاقليم ، فتتخفض الحرارة ، وتنقطع بذلك سلسلة تتابع



الأيام الحارة . واجتماع الحرارة مع طول فترة الصيف التى تتراوح بين ١٥٠ - ٢٠٠ يوما تخلو فيها جهات هذا الاقليم تماما من حدوث الصقيع المميت ، يجعلان هذا المناخ صالحا للزراعة .

ويمتاز شتاء هذا الاقليم المناخى (Da) بأنه بارد نسبيا ، وغير مستقر نظرا لما يغزو مناطق توزيعه من كتل هوائية مدارية وقطبية . ويبلغ متوسط حرارة شهر يناير فى بلدة يوربانا ( - ٣٦°م ) ومتوسط النهايات 'لدنيا اليومية ( - ٨°م ) ، وقد سجل الترمومتر نهايات دنيا هبطت الى ( - ٣١°م ) .

### الأمطار :

تعانى جميع الأراضى التى يسودها مناخ قارى رطب دافئ الصيف (Da) بقلّة التساقط ، ولهذا فإن معظم الأراضى الأوربية والآسيوية والأمريكية التى تنتمى لهذا النوع من المناخ تتصف بأنها شبه رطبة ، وتسودها الحشائش كنبات طبيعى . ولا يستثنى من مناطق سيادة هذا النوع المناخى سوى كوريا واليابان والأجزاء الوسطى والشرقية من الولايات المتحدة الأمريكية التى تحظى بكميات سنوية من التساقط تزيد على ٧٦ سم . وفى المناطق شبه الرطبة قد تفشل المحاصيل بسبب الجفاف كما يحدث فى شمال الصين .

وتكثر الأمطار فى الصيف ، ويتفق سقوطها مع فصل النمو النباتى وموسم الزراعة . ومعظمها من النوع الانقلابى المصحوب بعواصف الرعد والبرق . ويعتبر سقوط الأمطار فى موسم الحرارة مع طول فترات سطوع الشمس مناسبا جدا لمحصول الذرة . وفى بيوريا Peoria بولاية إلينوى يكون فصل الصيف أكثر الفصول حرارة ومطرا ، ومع ذلك يكون أكثرها سطوع شمس . مثال ذلك يسقط عليها فى شهر يوليو ٩٦ سم من المطر ، فى عشرة أيام ، مع نسبة سطوع شمس تبلغ ٧٥% . بينما يسقط فى شهر يناير ٤٦ سم فى تسعة أيام ، مع نسبة سطوع شمس مقدارها ٤٧% فقط . وفى نطاق الذرة الأمريكى تحدث كل سنة ما بين ٤٠ - ٦٠ عاصفة مبرقة .

والتساقط فى الشتاء أقل من الصيف ، لكنه يعتبر فصلا ممطرا فى كوريا واليابان ، وفى أجزاء من وسط أوروبا ووسط وشرق الولايات المتحدة الأمريكية . ونسبة من التساقط تكون فى هيئة ثلج ، لكنها عادة تكون أقل من نصف التساقط فى الشتاء ، بل ان التساقط فى شكل ثلج فى بلدة بيوريا بولاية إلينوى ولا يزيد عن الثلث بل قد لا يزيد عن ربع التساقط السنوى . ويسقط الثلج فى عدد من الأيام يتراوح بين ٢٠ - ٣٠ يوما كل سنة . ويتكون على سطح الأرض غطاء ثلجى يستمر مدة تتراوح بين عشرة أيام على

الهوامش الجنوبية التابعة لهذا المناخ وستين يوما على الهوامش الشمالية .  
أما في جهات آسيا التابعة له فيقل تساقط الثلج بسبب جفاف الشتاء ، ولهذا  
لا يتكون غطاء جليدى .

### المناخ القارى الرطب البارد صيفا Db

( الممطر طول العام Dbf ، والممطر صيفا Daw )

#### التوزيع :

تقع الأراضى التى يسودها هذا المناخ الى الشمال من مناطق توزيع  
النوع السابق (Da) ، وبينه وبين المناخ شبه القطبى (Dc , Dd) . ويعرف  
هذا المناخ أحيانا بنمط مناخ نطاق القمح الربيعى ، نظرا لشيوع زراعة هذا  
المحصول التجارى الهام فى الأراضى التى يسودها نوع المناخ القارى الرطب  
البارد صيفا (Db) .

ويتمثل فى أمريكا الشمالية فى الولايات الشمالية من الولايات المتحدة  
وفى أجزاء من جنوب كندا الى الشرق من خط طول ١٠٠° غربا - كما يتمثل  
فى أوروبا فى معظم أراضى بولندا وألمانيا الشرقية والأراضى المحيطة بالبحر  
البلطى، وأراضى السهل الروسى الواقعة بين دائرتى عرض ٥٠ - ٦٠ شمالا .  
ويمتد فى شمال آسيا فى أراضى سيبيريا فى هيئة شريط ضيق على جانبى  
دائرة عرض ٥٥° شمالا ، كما يظهر فى شمال شرق آسيا خاصة فى وسط  
وشمال منشوريا وشمال اليابان . هذا وتتأخمه فى روسيا الأوروبية وفى  
سيبيريا من جهة الجنوب الأراضى التابعة لمناخ الاستبس BSK .

#### الحرارة :

تدغفص الحرارة فى أراضى هذا الاقليم المناخى عنها فى الاقليم السابق  
(Da) ، وذلك لوقوعها أقرب الى القطب . ويزيد الفرق الحرارى بين  
الاقليمين فى الشتاء عنه فى الصيف . فبينما يبلغ الفرق بينهما فى الصيف  
بين ٣ - ٦°م ، نجده يكبر فى الشتاء فيتراوح بين ٦ - ١٦°م . ولهذا نجد  
المدى الحرارى السنوى فى اقليم المناخ القارى البارد (Db) أكبر . ويعزى هذا  
الى الانخفاض الكبير فى درجات حرارة الشتاء على وجه الخصوص .

وعادة ما يكون الصيف معتدلا دافئا لعدد قليل من الشهور . فحرارة  
شهر يوليو فى مونتريال بكندا تبلغ ٢٠.٦°م ، وفى موسكو ١٨.٩°م ، وفى  
بارنول Barnaul بسيبيريا ١٩.٤°م ، وفى سابورو Sapporo باليابان  
٢٠.٦°م . ورغم دفء الصيف فانه قصير ، ذلك أن النصف الصيفى من  
السنة لا يتعدى خمسة أشهر تكون فيها درجة الحرارة أعلى من ١٠°م فى

السهول المحصورة بينها وبين خط الساحل، أما المنحدرات الشرقية فيسودها الجفاف لأنها تقع في ظل المطر .

وتسقط الأمطار ، كما قلنا ، بكميات وفيرة وفي كل فصول السنة . فلا يوجد فصل تقل فيه الأمطار قلة واضحة ، وآخر تكثر فيه كثرة مفرطة . ولا يعنى هذا أن جميع شهور السنة متساوية في كمية ما يسقط فيها من مطر بل المعنى أن المطر لا يغزر في فصل دون آخر من فصول السنة كما هى الحال في اقليم البحر المتوسط مثلا حيث يسقط المطر شتاء دون الصيف ، أو اقليم السافانا حيث يغزر المطر صيفا دون الشتاء ، أو في الأقاليم الموسمية المناخ بصفة عامة . والمطر الساقط في أى فصل من فصول السنة كاف للنمو النباتى . ومع هذا فإن المناطق الجبلية التى تقع ضمن مناخ السواحل الغربية تزيد فيها الأمطار شتاء عنها في الصيف . ففي مدينة بريست ، بشمال غرب فرنسا ، يسقط نحو ٥٩٪ من كمية المطر السنوى في النصف الشتوى من السنة ، و ٤١٪ في النصف الصيفى ، وكذلك حال فالينسيا بأيرلندا على وجه التقريب . وفي جهات شيلى الواقعة بين دائرتى عرض ٤٢ - ٤٥° جنوبا ، تبلغ كمية أمطارها الشتوية ثلاثة أمثال كميتها الصيفية .

ويقل سقوط الثلج في المناطق الساحلية والأراضى السهلة بسبب اعتدال الحرارة شتاء . ويبلغ متوسط عدد الأيام التى يسقط فيها الثلج في باريس أربعة عشر يوما فقط كل شتاء ، وفي جنوب غرب الجزر البريطانية أربعة أيام ، لكن في شمالها الشرقى يزيد العدد فيبلغ ٢٥ يوما . ويكثر تساقط الثلوج فوق الجبال المتاخمة للسواحل الغربية حيث يغزر التساقط الأوروغرافى (التضارىسى) . فعلى السفوح الغربية لجبال كاسكيد Cascade يسقط كل شتاء كميات من الثلوج تتراوح بين ٧٥٠ - ١٠٠٠ سم ، وكذلك الحال فوق السفوح الغربية لكل من مرتفعات أسكنديناوه وجنوب نيوزيلند ، وجنوب جبال الانديز ، والسلاسل الساحلية لكولومبيا البريطانية .

والأمطار التى تسقط فوق السهول من النوع الأعصارى ، ويستمر سقوطها فترات طويلة من سماء غائمة رمادية السحاب . وتكثر الأعاصير في الشتاء ، ولهذا تكثر أيام هطول الأمطار . وعلى الرغم من أن أعاصير الصيف أقل ، وبالتالى يكون عدد أيام الهطول أقل أيضا ، فإن سقوط الأمطار يكون أغزر وأشد . ففي لندن يبلغ عدد الأيام الممطرة في يولية ١٣ يوما ، وكمية المطر ٥ سم ، أما في يناير فيكون عدد أيام المطر ١٥ يوما ، وكمية المطر حوالى ٦ سم . هذا ويقل حدوث زوابع البرق والرعد في الجهات الساحلية ، ويزيد في الجهات الجبلية . ولا تزيد كمية الأمطار الساقطة في الأيام الممطرة التى يحدث فيها برق ورعد عن ربع أو ثلث أمطار الصيف . ويتميز التساقط في اقليم مناخ السواحل الغربية بظاهرة خاصة ، فكميات



الأمطار الماقطة صغيرة نسبيا لا تتناسب مع عدد الأيام الكثيرة التى يسقط فيها . مثال ذلك باريس حيث يسقط بها نحو ٥٧ر٤ سم سنويا موزعة على ١٨٨ يوما مطيرا ، وفى لندن يسقط نحو ٦٢ر٥ سم فى ١٦٤ يوما مطيرا . ويعتبر مناخ السواحل الغربية أكثر أنواع المناخ سحبا ، كما يتميز بكثرة حدوث الضباب أيضا . ونسبة التغيم فى معظم جهات مناخ السواحل الغربية تصل الى ٧٠% ، وتغيب الشمس تماما لبضعة أسابيع متواصلة . ويكون الخريف والشتاء أكثر فصول السنة تغيمًا ، وذلك لكثرة ورود الأعاصير . وتشرق الشمس فى فالينسيا بأيرلندا فى ديسمبر بنسبة ١٧% ، ٤٣% فى مايو .

#### اقليم المناخ البارد الرطب (D) Humid Microthermal Climate

##### التوزيع :

تظهر خصائص هذا النوع المناخى البارد الرطب فى العروض العليا وفى المناطق الداخلية من القارات التى تتسع مساحاتها فى تلك العروض ، لذلك فهو يوجد فى نصف الكرة الشمالى فقط فى قارة أوراسيا وفى أمريكا الشمالية . ويمتد حتى السواحل الشرقية لتلك القارات ، لان خصائص المناخ القارى تسود تلك السواحل بسبب تأثرها معظم السنة بالرياح القارية التى تهب من داخل اليابس نحو المحيطات . بينما لا تخضع السواحل الغربية للمناخ البارد (D) لأنها تتعرض لهبوب الرياح الغربية المعتدلة الآتية من المحيط طوال العام .

وينتشر المناخ البارد الرطب على درجات عرض تبدأ بدائرة العرض ٤٠° وحتى ٦٠° أو ٦٥° شمالا وجنوبا . لكنه لا يتمثل فى نصف الكرة الجنوبي رغم أن أمريكا الجنوبية تمتد جنوبا لدائرة العرض ٥٥° جنوبيا ، وذلك بسبب صغر مساحة اليابس وضيقه ابتداء من دائرة العرض ٣٥° جنوبا، مما يساعد على اعتدال المناخ، ويحول دون ظهور المناخ البارد (D)

ويجاور المناخ البارد (D) المناخ القطبى (E) من جهة الشمال ، ويفصل بينهما خط الحرارة ١٠°م لأحر الشهور . بينما يجاوره من جهة الجنوب المناخ المعتدل الدافئ (C) بقسميه : المناخ الصينى (Ca) ومناخ البحر المتوسط (Cs) .

ويمتاز المناخ الرطب (D) بصيف قصير ، وشتاء طويل بارد . وفيه يتساقط الثلج ، ويغطى الأرض بطبقة رقيقة نوعا من الجليد . وتبعاً لذلك فهو يختلف عن المناخ المعتدل الدافئ الرطب (C) ، فى أن شتاءه أبرد ، وصقيعه أكثر وأطول أمداً ، ومداه الحرارى السنوى أكبر . ويرجع هذا الى أن مناطق توزيع المناخ البارد (D) تقع ، كما أسلفنا ، فى داخل اليابس



السويد وفنلندا غربا حتى سواحل سيبيريا . وتتسع مناطق توزيعه في سيبيريا لزيادة قارية المناخ . وتتوزع أراضي هذا المناخ في شمال أمريكا الشمالية من الاسكا غربا عبر الأراضي الكندية الى لبرادور ونيوفوندلاند شرقا .

### الحرارة :

تمتاز جهات توزيع هذا المناخ بشتاء طويل قارس البرودة ، وصيف قصير جدا وربيع وخريف قصيرين للغاية أيضا ، كما تمتاز بوجود شهر على الأقل ترتفع فيه درجات الحرارة عن ١٠°م ، وعادة ما يكون ذلك الشهر هو يولية . ففي ياكوتسك Yakutsk بسيبيريا ، الواقعة على حوالى خط عرض ٦٢° شمالا ، التى تمثل التطرف ضمن مناخ التندرا (Dolw) يبلغ متوسط حرارة يوليو ١٨٫٩°م ، وهو متوسط يزيد على متوسط حرارة نفس الشهر في لندن أو برلين ، بل انه يزيد بنحو خمس درجات مئوية عن متوسط حرارة يولية في سان فرانسيسكو . لكن متوسط حرارة يولية تبلغ ١٢٫٨°م وأغسطس ١٥°م ويعوض قصر الصيف طول النهار رغم قلة كثافة الاشعاع الشمسى ، كما أن قصر الليل لا يسمح بالتبريد السريع . فطول نهار شهر يونية على دائرة العرض ٥٥° شمالا نحو ١٧٫٣ ساعة ، وعلى دائرة ٦٠° شمالا نحو ١٨٫٨ ساعة ، وعلى دائرة ٦٥° شمالا ٢٢٫١ ساعة .

وطبيعى أن يكون فصل النمو النباتى قصير ، فهو في وادى ماكينزى Makenzie بكندا يتراوح بين ٥٠ - ٦٥ يوما . وتسجل كثير من المحطات المناخية في جهات هذا الاقليم درجات حرارية تهبط الى الصفر المئوى في الصيف حتى في شهرى يوليو وأغسطس ، ويحدث ذلك كل عامين مرة في المتوسط ، وان تكرار حدوث الصقيع في فصل النمو وهو الصيف هنا يعرقل الاستخدام الزراعى للأرض . ولهذا فان كثيرا من أراضي المناخ شبه القطبى خالية تماما من السكان ، الا حيثما اشتغل البعض بحرفة التعدين أو قطع الأخشاب أو صيد الحيوانات البرية .

وتنخفض الحرارة انخفاضاً كبيراً في شتاء المناخ القطبى . ففي بلدة فيرخويانسك Verkhoyansk في الجزء الشمالى الشرقى من سيبيريا تنخفض الحرارة في شهر يناير فيبلغ متوسطها نحو ٥١°م تحت الصفر المئوى ، كما سجل الترمومتر نهاية صغرى بلغت نحو ٦٨°م تحت الصفر وكان ذلك في شهر فبراير سنة ١٩٨٢ ، لكن تلك حالة شاذة . وفي ياكوتسك Yakutsk يبلغ متوسط حرارة يولية ١٨٫٩°م ، ويهبط متوسط حرارة يناير الى ٤٣٫٣°م تحت الصفر ، ومن ثم يصبح المدى الحرارى السنوى نحو ٦٢٫٢°م . وتقل قسوة برودة الشتاء في أمريكا الشمالية عنها في سيبيريا ، ذلك

لأن آسيا أعظم اتساعاً من أمريكا الشمالية ، ومن ثم فهي أكثر منها تطرفاً ، كما وأن مرتفعات شرقى آسيا تمنع المؤثرات المحيطية من التوغل فى اليابس الآسيوى ، بينما تحجز الهواء القارى البارد فيتراكم فوق سيبيريا ، فينشأ عن ذلك تكوين ضد اعصار هائل . ومثل هذا يساعد على خفض درجات الحرارة كثيراً فى شتاء سيبيريا .

ولا توجد فى شرقى كندا مثل هذه الجبال المرتفعة التى تعرقل وصول المؤثرات البحرية الى اليابس ، كما لا تتجمع وتتراكم كتل الهواء البارد ، بل تنصرف الى المحيط . ولهذا فان معظم محطات الرصد التى تمثل هذا النوع المناخى فى كندا أمثال موس Moase ، وفلاكتورى Factory ، ودوسون Dawson تسجل متوسطات حرارية لشهر يناير أكثر ارتفاعاً من مثيلاتها فى سيبيريا ، فهى على التوالى - ٢٠م ، - ٣٠م ، - ٣٥م .

### التساقط :

التساقط قليل . فهو لا يزيد على ٣٨ سم فى معظم أنحاء التاييجا بـ سيبيريا ، ويقل عن ٥١ سم فى جهات المناخ شبه القطبى بكندا ، ولكنه يزيد عن هذا المقدار فى الهوامش البحرية من مناطق توزيعه فى أوراسيا وكندا . ويعد هذا المقدار كافياً لنمو الغابات الصنوبرية ، وذلك بسبب انخفاض الحرارة وقلة التبخر وتجمد التربة . وترجع اسباب قلة التساقط الى انخفاض الحرارة ، ومن ثم انخفاض الرطوبة النسبية ، وإلى وجود ضد اعصار شتوى قوى ، وإلى عظم مساحة اليابس على دوائر العرض شبه القطبية .

ويتركز التساقط فى أكثر الشهور حرارة ، ورغم قلتها فهي كافية لنمو بعض المحاصيل . ففي ياكوتسك Yakutsk حيث تبلغ كمية التساقط السنوى حوالى ٣٥ سم ، يصيب منها شهر أغسطس ٦٦ سم وهو أكثر الشهور تساقطاً ، بينما يصيب شهر فبراير ، وهو أقل الشهور تساقطاً ، ٥ سم .

ولا تلائم أحوال الجو شتاء حدوث التساقط . ففي الشتاء تنخفض الحرارة انخفاضاً كبيراً ، وتبعاً لذلك تهبط الرطوبة النسبية ، كما ويرابض فوق اليابس ضد اعصار تخرج منه الرياح من اليابس نحو البحر . وتبلغ هذه الأحوال غاية التطرف فى أراضى سيبيريا الوسطى والشرقية ، حيث تتمركز البرودة القصوى ، ويرابض الضغط الشديد الارتفاع ، وكلها أحوال تؤكد الجفاف ، فلا يسقط فى الشتاء سوى ١٠٪ من كمية التساقط السنوية . ويكون التساقط فى فصل الشتاء فى شكل ثلج ، ويتراكم على سطح الأرض مكوناً غطاء جليدياً رقيقاً ، ويمكن على السطح نحو مبعة أشهر ، ثم يبدأ فى الانصهار فى الربيع وأوائل الصيف . ويقل حدوث العواصف الثلجية فى

نطاق التاييجا لان الغطاء الغابى يكسر حدة الرياح ، فلا تقوى على تذرية الثلوج وتعكير الجو بحبيباتها كما يكسر حدة الرياح ، البرارى الى الجنوب منها وفي اقليم التندرا الى الشمال منها .

### المناخ القطبى (E) Polar Climate

اذا كانت اقاليم المناخ المدارى تفتقر الى وجود فصل بارد ، فان الاقاليم القطبية محرومة من فصل دافىء . واذا كان بعض الرحالة قد سجلوا درجات حرارية داخل الدائرة القطبية وصلت الى نحو  $26^{\circ}\text{م}$  ، فانها حالة شاذة ، وان يوما دافئا لا يصنع فصل صيف . وتعتبر ظاهرة «فصلية النهار المتواصل والليل المستمر» من الظواهر المهمة والملفتة للنظر ، بل والمثيرة للعجب بالنسبة لغير الجغرافى فى اقليم المناخ القطبى . فعند القطبين تغيب الشمس كلية لمدة ستة أشهر ، وتظهر فوق الأفق بقليل لمدة ستة أشهر التالية ، لكن اشعاعها بسبب الميل الشديد يكون ضعيفا . وعند الدائرتين القطبيتين ( $66^{\circ}$  شمالا وجنوبا) تتراوح فترة نور الشمس بين 24 ساعة عند الانقلاب الصيفى الى غيابه تماما حين الانقلاب الشتوى . وتصير فترات اشراق الشمس وفترات احتجابها ذات طبيعة وسطى بين الطرفين فى مختلف الاماكن التى تقع بين القطبين والدائرتين القطبيتين .

ولهذه الظاهرة تأثير مناخى مهم . فالمدى الحرارى يصبح قليل الأهمية فى هذا الاقليم الذى يتقاسم فيه السنة ليل واحد ونهار واحد . ويصبح للمسار السنوى للحرارة وجه مخالف ، فعند القطب الشمالى ، على سبيل المثال ، يختفى الاشعاع الشمسى المباشر لمدة ستة أشهر . ويتواصل فقدان الحرارة بالاشعاع الارضى ، حتى تصل الحرارة الى نهاية دنيا قبيل الاعتدال الربيعى .

### التوزيع :

يتمثل المناخ القطبى فى العروض العليا ، ويشبهه مناخ أعالى الجبال الشاهقة فى جميع العروض ، لكن تبدو تلك المناطق منعزلة ومبعثرة هنا وهناك ، وسنعالج مناخها ضمن نوع خاص يسمى مناخ المرتفعات ، ويرمز له بالحرف الكبير H .

ويحدد الحد القطبى لنمو الغابات الاراضى التابعة لاقليم المناخ القطبى . ويتفق هذا الحد مع خط الحرارة  $10^{\circ}\text{م}$  لأدفا الشهور . ويخرج من مجال الاقليم القطبى اراضى السواحل التى ترتفع فيها درجات الحرارة عن الصفر المئوى لفترة معلومة ومحدودة من كل عام ، ومن ثم يخرج من مجاله الطرف الجنوبى الأقصى من أمريكا الجنوبية .

ويسود المناخ القطبى اراضى آسيا وأوروبا وأمريكا الشمالية التى تطل على المحيط المتجمد الشمالى ، كما يسود الجزر الواقعة الى الشمال من تلك



الأراضي ، بالإضافة الى جزيرة جرينلاند . أما في نصف الكرة الجنوبي فانه يتمثل في القارة القطبية أنتاركتيا .

ولاشك ان هناك بعض الاختلافات المناخية بين الاقليم القطبي الشمالي الذي يتمثل في بحر متجمد تحيط به كتل ليابس ، وبين لاقليم القطبي الجنوبي الذي هو قارة تحيط بها البحار من كل جانب . لهذا فان مناخ القارة الجنوبية يبدو أكثر انتظاما وتناسقا وبساطة في ظواهره المناخية من الاقليم القطبي الشمالي ، الذي يتصف بالتغير الفصلي .

### الحرارة والتساقط :

يختص المناخ القطبي بادننى معدل حرارى سنوى ، وبأقل متوسط حرارى صيفى بين مناخات العالم ، فرغم طول دوام اشراق الشمس في الصيف ، فان الحرارة تبقى منخفضة ، فالاشعاع الشمسى يكون ضعيف الأثر بسبب شدة ميله ، كما وأن معظم الاشعاع الشمسى ينعكس على سطح الجليد ، أو يستهلك في صهر الغطاء الجليدى ، وفي تبخير المياه ، لهذا لا يستفيد سطح الأرض ولا الهواء من فوقه من الاشعاع الشمسى كثيرا .

والشتاء قارس البرودة ، وتنخفض فيه درجات الحرارة الى ما دون الصفر بكثير ، وشدة برودة الشتاء كافية لظهار مدى حرارى سنوى كبير .

والتساقط قليل في كل انحاء العروض العليا ، فهو يقل عن ٢٥ سم في كثير من جهات الاقليم . لكن على الرغم من قلته فان قلة التبخر تسمح بجريان سطحى معظمه في هيئة أنهار جليدية . وبسبب قلة التبخر وصغر حجم الانصهار تراكم الجليد فوق كل من جزيرة جرينلاند والقارة القطبية الجنوبية ، وبلغ سمكا يناهز الثلاثة آلاف متر في بعض اجزائهما ، هذا رغم قلة كمية التساقط . وترجع قلة التساقط لبرودة الجو التى لا تسمح الا برطوبة نسبية منخفضة . وترتفع معدلات التساقط في الاشهر الأكثر حرارة حينما يزداد معين الرطوبة .

ويقسم تريوارثا اقليم المناخ القطبى (E) الى اقليمين ثانويين يفصل بينهما خط الحرارة صفر درجة مئوية وهما : مناخ التندرا ومناخ الغطاءات الجليدية ، ويفصل بينهما خط الحرارة صفر درجة مئوية .

أما مناخ التندرا فيرمز له بالحرفين الكبيرين (ET) ، وفيه تكون درجة حرارة شهر أو أكثر من أشهر الفصل الدافئ أعلى من الصفر المئوى وأقل من ١٠°م ، وتتحرر الأرض من الثلوج ، ويمكن نمو نباتات هزيلة وقصيرة .

ويرمز تريوارثا لمناخ الغطاءات الجليدية بالحرفين الكبيرين (EF)



وفيه تبقى الحرارة دون الصفر المئوى طوال العام ، ويستحيل النمو النباتى . ويغطى اراضيه غطاء جليدى دائم .

### اقليم مناخ التندرا (ET) Tundra

#### التوزيع :

يعتبر مناخ التندرا مناخا انتقاليا بين مناخ الغطاء الجليدى او اقليم الثلج والجليد الدائم من جهة والمناخ شبه القطبى من جهة أخرى . ويحدده من ناحية دائرة الاستواء خط الحرارة  $10^{\circ}$ م لأدفا الشهور ، ومن ناحية القطب خط الحرارة صفر درجة مئوية لأدفا الشهور .

ولا يوجد مناخ التندرا على اليابس الا فى نصف الكرة الشمالى . أما فى النصف الجنوبى فان عروضه تشغلها المحيطات الجنوبية ، ربما باستثناء أطراف قارة أنتاركتيكا وبعض الجزر المتاخمة لها ، التى يمكن اتباعها لمناخ التندرا . واكثر اراضى التندرا اتساعا تمتد بامتداد سواحل كل من أوراسيا وأمريكا الشمالية المطللة على المحيط المتجمد الشمالى ، ويتمثل هذا المناخ أيضا فى سواحل جرينلاند وفى الجزر الواقعة فى شمال أمريكا الشمالية .

#### الحرارة :

مناخ التندرا مناخ قارى فى طبيعته رغم اطلاله على المحيط المتجمد الشمالى ، ولهذا فهو يتميز بالتطرف الحرارى ، فالشتاء طويل قارس البرودة والصيف بارد نسبيا وقصير ، فحرارة أدفا الشهور تقل عن  $10^{\circ}$ م وتزيد عن الصفر المئوى . ويتراوح طول الصيف بين شهرين وأربعة أشهر ، غير أن الصقيع يمكن أن يحدث حتى فى أشهر الصيف .

ويقل المدى الحرارى اليومى فى فصل الصيف نظرا لشدة طول النهار وقصر الليل . ويتكون الضباب فى الهوامش الساحلية ، ويبقى لبضعة أيام متوالية . وينصهر الغطاء الثلجى الرقيق اعتبارا من شهر مايو فى تندرا نصف الكرة الشمالى . وفى شهر يونية يتم انصهار الجليد الذى يكسو السطح ، بينما تبقى التربة متجمدة فلا تسمح بتسرب المياه خلالها ، وينشأ عن ذلك تكون البرك والمستنقعات ، فيتوالد البعوض ويتكاثر الذباب الأسود ، ويكون هذا وذاك مصدر خطر على الانسان والحيوان ، وتصبح المعيشة غير محتملة فى تلك الجهات .

ويسجل الترمومتر فى محطة الرصد بوندز Ponds الواقعة فى تندرنا كندا على دائرة العرض  $72^{\circ}43'$  شمالا ، درجات لشهر يوليو يبلغ متوسطها  $5.6^{\circ}$ م . ويسجل الترمومتر أثناء ساعات النهار الدافئة  $9.4^{\circ}$ م ، ويهبط زئبق الترمومتر الى حوالى  $2^{\circ}$ م أثناء «الليل» القصير جدا . ومن ثم فالمدى

الحرارى النيوى اثناء الصيف صغير ، لان الشمس تبقى فوق الافق اما طوال اليوم (اى ٢٤ ساعة) او معظمه . ومع هذا فقد يسجل الترمومتر احيانا حرارة تصل الى الصفر وما دونه ، كما قد يسجل حرارة عالية اثناء يوم دافىء ، كما حدث مرة فى محطة بوندز فسجل الترمومتر ٢٥°م ، وتلك حالة شاذة لا تحدث الا نادرا .

ويتباين توزيع الحرارة تبائنا كبيرا اثناء الشتاء فى مختلف انحاء اقليم التندرا . فتتراوح متوسطات الحرارة فى شهرى يناير وفبراير بين (-٣٧°م و -٤٠°م) على امتداد السواحل الشمالية لسيبيريا ، وتقل عن ذلك فى الجهات التى تليها جنوبا والمجاورة لمناطق توزيع المناخ شبه القطبى . وتشتد البرودة فى اقليم التندرا بشمال شرق سيبيريا عنها فى اقليم التندرا بشمال شرق كندا ، لان الاخير معرض للمؤثرات البحرية ، بينما الاول محروم منها بسبب المرتفعات التى تكتنفه كما سبق واشرنا من قبل . وفى سيبيريا يهبط متوسط حرارة أشهر الشتاء الى (-٤٠°م) ، وفى محطة رصد ساحلية بشبه جزيرة لبرادور بكندا (-٢٢°م) وفى بوندز بكندا (-٣٣°م) .

#### التساقط :

لا تزيد كمية التساقط عن ٢٥ سم او ٣٠ سم . وتزيد الكمية عن ذلك بعض الشيء فى شبه جزيرة لبرادور بشرق كندا . وترجع قلة التساقط الى انخفاض حرارة الصيف وارتفاع الضغط الجوى فى الشتاء ، كما وتختفى الى حد كبير حركة الهواء صعودا وهبوطا . ويعتبر فصل الصيف وفصل الخريف أكثر الفصول تساقطا فى مختلف اجزاء التندرا . ولقد يصبح الخريف والشتاء أكثر الفصول تساقطا بجوار السواحل حيث تكثر الأعاصير .

ويكون معظم التساقط الذى يتم فى الفصل الدافىء على هيئة مطر وأحيانا فى شكل ثلج مبتل Wet Snow . أما تساقط الشتاء القليل فيكون فى شكل ثلج جاف ناعم ، ولهذا فانه يكون غطاء ثلجيا مندمجا على سطح الأرض . وهذا الثلج الشديد الاندماج هو الذى يعادل منه السنتيمتران سم واحدا من ماء المطر ، وهو الذى تستخدمه قبائل الاسكيمو ، سكان تندرا امريكا الشمالية ، فى بناء مساكنهم بشكل القبة . ويصاحب سقوط الثلوج حدوث عواصف ثلجية من نوع البليزارد Blizzard التى سبق لنا شرحها ، وهى الريح القوية التى تثير دقيق الثلج فيمتلىء الجو به . ولا يوجد بالتندرا غابات كالتاييجا لتكسر حدة الريح وتحفظ الغطاء الثلجى من سفى الرياح . وقد قدر أحد الباحث أن نسبة تتراوح بين ٧٥% - ٩٠% من سطح الاراضى التطبيقية تخلو من الثلج طوال السنة ، ونظرا لصغر كمية الثلوج وسهولة تحريكها على سطح الأرض ، فان التزحلق عليها يكون صعبا فى العادة .

## اقليم مناخ الغطاءات الجليدية (Ice-Cap Climate (EF)

### التوزيع :

يسود هذا المناخ في المناطق التي يغطيها الجليد الدائم ، وتتمثل في اراضى القارة القطبية الجنوبية وجزيرة جرينلندا ، وفوق المحيط الدائم المتجمد في مشارف القطب الشمالى . ولاتتوفر معلومات مناخية دقيقة عن هذه الصحارى الجليدية حيث لاتعلو الحرارة الصفر المئوى فى أى شهر من شهور السنة ، وما يوجد من معلومات تستقى من الرحالة والمستكشفين .

### نظم الضغط والرياح :

ما تزال محل جدال بين الباحثين . فالاعتقاد السائد بالوجود الدائم لضغط مرتفع فوق الغطاء الجليدى الذى يكسو كلا من أنتاركتيكا وجرينلندا منه تشع رياح شرقية ، قد أصبح قابلا للتعديل بناء على مشاهدات جديدة فى تلك المناطق القطبية الجليدية . وليس هنا محل استعراض مختلف الآراء بهذا الخصوص . وعموما يمكن القول ، تبعا لما ذكره المستكشفون بأن الرياح السائدة تشع من قلب الغطاء الجليدى وتهبط نحو أطرافه وهوامشه ، كما أن هناك رياحا معاكسة تهب نحو قلب الغطاء الجليدى أحيانا . ويبدو أن الرياح السائدة الهابطة نحو الهوامش من نوع رياح الجاذبية الأرضية . ولقد تقوى هذه الرياح أثناء هبوطها على المنحدرات الشديدة فتصل الى عنف العاصفة . وتبلغ سرعة الرياح بالقرب من مركز الغطاء الجليدى نحو ١٦ كم فى الساعة . وتتمكن الأعاصير أحيانا من اقتحام الغطاء الجليدى الجرينلندى بل والأنتاركتيكي وتجلب معها السحب والثلج ، كما تسبب هبوب رياح متغيرة .

### الحرارة :

يبلغ المعدل الحرارى السنوى فى داخلية جرينلندا نحو  $(-32^{\circ}\text{م})$  ، وفى القطب الجنوبى بين  $(-30^{\circ}\text{م}$  و  $-35^{\circ}\text{م})$  ، وفى القطب الشمالى  $(-22^{\circ}\text{م})$  ، وهو أدنى معدل حرارى سنوى على مستوى العالم كله . وتبلغ حرارة أحر الشهور فيما جاور القطب الجنوبى أثناء فصل الاشعاع الشمسى المستمر  $(-22^{\circ}\text{م})$  فى ديسمبر و  $-28^{\circ}\text{م}$  فى شهر يناير (صيف النصف الجنوبى) ، بل لقد سجلت حرارة متدنية بلغت  $-50^{\circ}\text{م}$  فى أنتاركتيكا أثناء هذا الفصل . ولا شك فى أن أنتاركتيكا هى أبرد بقعة على سطح الأرض فى فصل الصيف . ورغم أن حرارة القطب الشمالى وقلب جرينلندا تكون اقل من الصفر المئوى فى شهرى يوليو وأغسطس ، فانها لا تتدنى الى مثل حرارة أنتاركتيكا فى فصل الاشعاع الشمسى المستمر .



وتبلغ حرارة مركز الغطاء الجليدى الجرينلندى فى أشهر الصيف الثلاثة يونية ويولية وأغسطس على التوالى -١٥م، -١١م، -١٧م ويصاحب هذه الدرجات الحرارية فى وسط النهار انصهار سطحى للجليد ، يترتب عليه جريان مائى سطحى ينحدر لنفسه مجارى مائية سريعة التدفق .

وحيثما تغيب الشمس باستمرار أثناء فصل الشتاء ، يسود طقس بارد للغاية . ورغم عدم توفر بيانات دقيقة ، فإنه يمكن القول ، تبعا لملاحظات المستكشفين ، أن الحرارة تتدنّى الى ما بين (-٣٤م و -٤٠م) . ويحتمل أن تهبط درجات الحرارة الى مستوى درجات حرارة القسم الشمالى الشرقى من سيبيريا وذلك فى الجهات المنخفضة من الغطاءات الجليدية . وفى داخل جزيرة جرينلاند وحوالى قسمها الاوسط يبلغ المتوسط الحرارى لشهرى يناير وفبراير على التوالى (-٤١م و -٤٧م) ، بينما سجلت نهايات دنيا للحرارة بلغت (-٦٥م) ، والرقم الاخير اقل من معدل النهاية الصغرى للحرارة فى بلدة فيرخويانسك بسيبيريا .

وتناسب الظروف السائدة فوق الغطاءات الجليدية انخفاض الحرارة وشدة البرودة أثناء الشتاء ، وهى كما يلى :

- ١ - غياب الاشعاع الشمسى تماما أثناء النصف الشتوى من السنة ، أى أثناء ستة أشهر كاملة .
- ٢ - وصول الاشعاع الشمسى مائلا جدا وضعيفا الى سطح الجليد أثناء النصف الآخر من السنة (فصل الصيف) .
- ٣ - ينعكس نحو ٨٠% من الاشعاع الشمسى أثناء فصل الصيف على سطح الجليد ، ويرتد الى الفضاء ويتبدد .
- ٤ - يضيع قسم من الاشعاع المتبقى فى صهر الجليد ، وفى تبخير المياه المنصهرة .

#### التساقط :

لا يعرف الكثير عن التساقط من حيث الكمية والنظام فى اقليم الغطاءات الجليدية ، مثله فى ذلك مثل الحرارة وعناصر المناخ الاخرى . ولا يشك فى قلة كميته ، وفى أن معظمه ان لم يكن كله يسقط على هيئة ثلج ، ويكون الثلج الساقط فى شكل حبيبات كالرمل جافة وصلبة . ويعزى تساقط الثلوج فى معظمها الى الأعاصير التى تستطيع اقتحام ضد الأعصار والمرور فوق الجليد ، كما يبدو أن جانبا من الثلوج يتساقط نتيجة للتكاثف الذى يحدث للهواء الهابط حينما يلامس سطح الجليد الشديد البرودة .



وقد تبين من دراسة طبقات الثلوج التى توضح معدلات التراكم السنوى فى منطقة وسط الجليد الجرينلندى لفترة ٢١ عاما ، أن معدل التساقط الثلجى السنوى يبلغ ٣٠.٥ سم من الثلج ، أى ما يعادل ٧٦ سم - ١٠٢ سم من المياه ، لكن صعب التحقق من التوزيع الفصلى للتساقط. وقد أوضحت الأبحاث أن الغطاءات الجليدية تنمو بصفة مستمرة رغم ما يقطع منها من الجليد عن طريق الجبال الجليدية التى تأخذ طريقها فى البحر ، ومن التبخر من سطح الجليد ، مما يدل على حدوث تساقط فعال يعوض هذا الفاقد بالاقتطاع والتبخر ، إضافة الى فائض تنمو به الغطاءات الجليدية .

### ٥- مناخ الجبال (H)

#### الارتفاع كعامل مؤثر فى المناخ :

يلى عامل الارتفاع فى الأهمية عامل توزيع الياوس والماء فى التأثير على أحوال المناخ ، ويجعلها تختلف من مكان لآخر على نفس خطوط العرض ، إضافة الى توجه سفوح الجبال ومدى تعرضها للإشعاع الشمسى وهبوب الرياح .

... هذا وينبغى أن نشير الى عدم وجود نوع مناخى يسمى مناخ الجبال بالمعنى الذى يحمله إقليم من الأقاليم المناخية التى سبق لنا شرحها . ذلك لان أنواعا كثيرة ومتباينة تتمثل فوق سفوح كتلة جبلية معينة ، ويتوقف ظهور كل نوع مناخى منها على مدى الارتفاع ، وخط العرض ، ودرجة التعرض للإشعاع الشمسى وللرياح الرطبة . ويؤدى اختلاف تضاريس الكتلة الجبلية ذاتها الى تنوع أحوال المناخ بين مختلف أجزائها . فمناخ الهضبة المنعزلة أو الوادى المغلق يختلف عن القمة المعرضة للإشعاع الشمسى وللرياح ، كما يختلف مناخ السفوح المعرضة للإشعاع الشمسى وللرياح عن السفوح المظاهرة لهما . ويعود هذا وذاك الى التأثير بمدى الارتفاع وبدرجة العرض .

#### الضغط الجوى :

إذا كان الضغط الجوى كعنصر مناخى وكعامل مؤثر لم يحظ بمكانة مهمة فى التقاسيم المناخية التى سبق أن عرضناها ، فإنه هنا مهم للغاية . ذلك لأن الضغط ينخفض تدريجيا على سفوح الجبال كلما ارتفعنا حتى يصل الى نصف مقداره تقريبا عند منسوب البحر ، على ارتفاع نحو ٥٤٠٠ متر . وتبعاً لتناقص المواد العالقة بالجو كبخار الماء والسحب والغبار بالارتفاع ، فإن الإشعاع الشمسى يزداد على سفوح الجبال بالارتفاع أيضا . وتقع جميع مراكز سكنى البشر دون هذا المنسوب المرتفع ، وإن كان بعضها فى أنديز بوليفيا وفى القبت يدنو منه .

## الاشعاع الشمسى :

يزداد الاشعاع الشمسى كثافة فى جو الجبال المرتفعة بسبب صفائه (خلوه من المواد العالقة) وجفافه ، ورقته . ذلك لان وجود المواد العالقة فى المستويات السفلى يعرض الاشعاع الشمسى للامتصاص والانعكاس والتشتت . ويتميز جو الجبال بغناه بالاشعاع البنفسجى وفوق البنفسجى الذى يؤثر فى جلد الانسان ويحول لونه الى اللون الاسمر . ولأن لتلك الأشعة القصيرة آثارا طيبة فى صحة الإنسان ، فقد أقيم الكثير من المصحات فوق السفوح الجبلية المعرضة لأشعة الشمس .

وعلى الرغم من زيادة كثافة الاشعاع الشمسى بالارتفاع ، فان درجة الحرارة تقل بالارتفاع أيضا . ولهذا يسمى مناخ أعالي الجبال بأنه «مناخ الظل البارد والشمس الساخنة» Cool Shade and Hot Sun وقد نتج عن التباين الحرارى بالارتفاع تنوع فى أحوال المناخ والنبات على سفوح الجبال ، مما كان له أثره فى تنوع النشاط البشرى أيضا .

## التغيرات الحرارية اليومية والفصلية :

تسمى الجبال والهضاب نوافذ الأرض الاشعاعية ، ذلك لان جو المرتفعات الرقيق الجاف ، يسهل نفاذ الاشعاع الشمسى القوى أثناء النهار الى الأرض ، كما يسهل عملية انفاذ الاشعاع الأرضى الى الفضاء أثناء الليل . ونتيجة لهذا يحدث التسخين الشديد نهارا ، والتبريد السريع ليلا . ولهذا فان كبر المدى الحرارى اليومى سمة من سمات مناخ الجبال .

أما التغيرات الحرارية الفصلية فتتصف بالانتظام والتناسق ، كما ان المدى الحرارى الفصلى والسئوى ليس كبيرا .

## التساقط :

يزداد التساقط بالارتفاع ، ويستمر هذا الزدياد على سفوح الجبال الى علو معلوم ، يصل عنده التساقط الى أقصاه ، ويعرف هذا المستوى الذى يتباين من نطاق جبلى لآخر حسب درجة العرض ، بنطاق التساقط الأقصى **Zone of Maximum Precipitation** ، فوقه يبدأ التساقط فى التناقص . ونظرا لكثرة التساقط فى المناطق الجبلية عما يجاورها من أراضى منخفضة ، فانها تبدو على خرائط التساقط ، وكأنها جزر من التساقط الغزير . وتتضح هذه الظاهرة بالنظر الى الخرائط التى توضح كميات التساقط فى جبال الألب الأوربية ، وجبال الهيمالايا ، وجبال الساحل الباسيفيكي بغرب أمريكا الشمالية .

## الجزء الثاني

### الجغرافيا الحيوية

- الفصل الثالث عشر : النباتات الطبيعية وتوزيعها على سطح الأرض
- الفصل الرابع عشر : الحيوانات وتوزيعها على سطح الأرض

## الغلاف الحيوى

### مقدمة :

سبق أن عرفنا أن الأرض تتكون من خمسة أغلفة تحيط بها . والغلاف الحيوى أحد هذه الأغلفة . وهو يمثل مدى التفاعل بين الغلاف بالصخرى من ناحية والغلاف الجوى من ناحية أخرى ، فهو يهتم بالظواهرات الحية لسطح الأرض مثل النبات والحيوان والانسان . وستقتصر دراستنا هنا على النبات والحيوان وذلك من حيث توزيع كل منهما وعلاقة ذلك بالتضاريس والمناخ .



## الفصل الثالث عشر

### النبات الطبيعي وتوزيعه على سطح الأرض

– العوامل التي تؤثر في توزيع النبات .

– الأقاليم النباتية :

أولا – الغابات :

١ – الغابات الاستوائية .

٢ – الغابات المدارية .

٣ – الغابات في الأقاليم المعتدلة الدفيئة :

أ – غابات البحر المتوسط .

ب – غابات الصين .

٤ – الغابات في الأقاليم المعتدلة الباردة :

أ – الغابات النفضية .

ب – الغابات الصنوبرية .

– ثانيا – الحشائش :

١ – الحشائش في الأقاليم المدارية .

٢ – الحشائش في الأقاليم المعتدلة الدفيئة .

ثالثا : الصحارى

رابعا : التندرا (الصحراء الجليدية) .

خامسا : نباتات الجبال .



## النبات الطبيعي وتوزيعه على سطح الأرض

يقصد بالنبات الطبيعي ما ينمو منه على سطح الأرض من تلقاء نفسه كالغابات والحشائش والأعشاب . ويلاحظ أن الأقاليم النباتية يتداخل بعضها في بعض ، ولا يوجد حد فاصل بين اقليم وآخر .

### العوامل التي تؤثر في توزيع النبات :

يتوقف توزيع النباتات الطبيعية على سطح الأرض على عدة عوامل تؤثر في حياتنا أهمها المناخ ، التربة ، التضاريس .

### العامل المناخى يشمل ما يأتى :

#### ١ - الحرارة :

لكل نبات درجة حرارة ينمو فيها ، وعلى ذلك فإن النباتات تتوزع في الأقاليم المختلفة تبعا لدرجة الحرارة في هذه الأقاليم .

#### ٢ - الضوء :

وهو ضرورى جدا لنمو النباتات ، ويظهر أثر الضوء في العروض العليا عندما يطول النهار في الصيف ويبقى ضوء الشمس ظاهرا مدة طويلة . وقلة الضوء تقلل من نمو الجذوع والأوراق، وتحول دون نمو الزهور الكبيرة.

#### ٣ - الماء :

وهو ضرورى أيضا لنمو النبات وتغذيته سواء كان ينزل على شكل أمطار أو يوجد في الهواء على شكل بخار . فإذا كثرت الأمطار طول السنة فإن التربة تحتزن الماء ، ومنه يتغذى النبات فتتنامو الغابات ، أما إذا قل الماء في التربة فلا تنمو غير الأعشاب ، وتسود الصحارى في الجهات النادرة المطر .

### التربة :

من العوامل المهمة في حياة النبات حيث يتغذى من العناصر التي تتكون منها ، وهى بذلك تؤثر في توزيع النبات تأثيرا كبيرا بحسب خصائصها والمعادن المكونة لها . وتساعد سهولة اختراق الماء والهواء للتربة دون شك على نمو النبات .

### التضاريس :

ويظهر أثرها في النبات في الجهات الجبلية حيث تتغير النباتات على

جوانب الجبال بسبب تغير المناخ . كما أن النباتات تختلف على جوانب الوديان باختلاف درجة تعرضها لأشعة الشمس ، فالجوانب التي تتعرض لأشعة الشمس والمطر تكون مغطاة بالحشائش والغابات أكثر من الجوانب التي لا تتعرض لتلك الأشعة والأمطار .

وقد قسم الجغرافيون الغطاء النباتي على سطح الأرض إلى أقسام مختلفة تعرف بالمجموعات النباتية أو الأقاليم النباتية . وتمتاز كل مجموعة منها بمميزات خاصة بها وهي :

#### ١ - الغابات :

توجد في الأقاليم الاستوائية والمدارية ، والأقاليم المعتدلة الدفيئة والمعتدلة الباردة .

#### ٢ - الحشائش :

وتوجد في الأقاليم المدارية (السافانا) والأقاليم المعتدلة (الاستبس) .

#### ٣ - الصحارى :

وتتمثل في الجهات المدارية والمعتدلة .

#### ٤ - التندرا :

وتوجد في العروض العليا حيث تتميز بصفات خاصة .

#### ٥ - نباتات الجبال :

حيث المناطق الشائعة الارتفاع والتي تغطي بأنواع شتى من النبات .

#### أولا - الغابات

لو نظرت إلى الخريطة شكل (٨٢) لرأيت أن الغابات تنتشر على مساحات كبيرة من العالم وفي أقاليم مناخية مختلفة ، وتسمى الغابات تبعا للأقليم الذي توجد فيه ومن ثم يمكن تمييز الأنواع الآتية :

#### ١ - الغابات الاستوائية :

##### التوزيع الجغرافي :

توجد حول خط الاستواء وتتمثل أحسن تمثيل في حوض الأمازون بأمريكا الجنوبية ، وفي حوض زئير بآفريقية ، وجهات أخرى متفرقة من العالم من بينها جزر اندونيسيا (انظر الخريطة شكل رقم ٨٢) .

##### المميزات المناخية :

يمتاز إقليم الغابات الاستوائية بدرجة حرارته المرتفعة وأمطاره الغزيرة طول العام . ولذلك لا تتوقف حركة نمو النبات به .





## المميزات النباتية :

يتميز اقليم الغابات الاستوائية بشدة كثافة الأشجار . والذي يصعد في طائرة وينظر اليه من الجو لا يرى الا كتلة كثيفة من الخضرة تخفى ما في باطنها من معالم ، فاذا هبط الى الأرض وأراد التوغل في الغابة ، رأى أن أشجارها مترامية كبيرة الحجم عظيمة الارتفاع ، تتوج رعوسها الأغصان والأوراق العريضة ، فتكون بمثابة غطاء يمنع ضوء الشمس عن أرض الغابة ، كما أن بداخل الغابة هدوء وظلام وروائح كريهة تنبعث من الأوحال والأوراق الساقطة على الأرض .

## الأهمية الاقتصادية :

يوجد بالغابات الاستوائية كثير من من الأشجار النافعة اما لأخشابها أو لثمارها ، أو لما يستخرج منها من مواد أولية ، والأخشاب هنا من النوع الصلب . ومن أشهرها الماهوجنى ، ومن الأشجار المهمة أيضا المطاط والموز والكافور واللبان .

## أثر الإنسان :

نظرا لشدة الظلام في الغابة ، وارتفاع درجة الحرارة والرطوبة ، وتعذر المواصلات ، وكثرة الحيوانات القاتلة والحشرات ، فإن الحياة في داخل الغابة شاقة للغاية ، ولذا فإن أثر الإنسان فيها ضئيل ، ويعيش في الغابة قوم متنقلون قليلوا العدد يعيشون على صيد الحيوان والسمك وجمع الثمار . ومع ذلك فتلك الجهات كانت تقوم باستغلالها الدول الصناعية الأوروبية التي أنشأت في الجهات الساحلية منها مزارع واسعة يقوم بالعمل فيها العمال الوطنيون تحت إشرافهم ، فزرعوا أشجار المطاط والمانجو والكافور والموز ، كما زرعوا قصب السكر والأرز والطباق والتوابل وغيرها .

## ٢. - الغابات المدارية :

### التوزيع الجغرافي :

وتوجد في الهند الصينية ، وشمال استراليا ، وسواحل جزيرة مدغشقر والساحل الشرقى لأفريقيا . وأيضا في أمريكا الوسطى وجزر الهند الغربية ، وفي أمريكا الجنوبية حول الغابات الاستوائية .

### المميزات المناخية :

يطلق على هذه الغابات أحيانا اسم الغابات الموسمية نظرا لأنها تنمو في الجهات التي يمتاز أحد الفصول فيها بالجفاف وخاصة في فصل الشتاء بينما يسقط المطر في الفصول الأخرى من السنة .

## المميزات النباتية :

وتختلف هذه الغابات عن الغابات الاستوائية في أنها أقل منها كثافة ، وأشجارها أصغر حجما ، وتنفض أوراقها في فصل الشتاء ، وأشهر أنواع أشجارها النخيل والكافور والخيزران والسنت .

## الأهمية الاقتصادية :

تصلح أماكن هذه الغابات لحياة الإنسان أكثر من أقاليم الغابات الاستوائية ، إذ أنها أسهل منها في تحويلها إلى حقول زراعية ، كما أن مناخها يلائم زراعة الحاصلات الزراعية .

## أثر الإنسان :

يعتبر إقليم الغابات المدارية (الموسمية) أكثر أقاليم العالم ازدحاما بالسكان ، ولذا فقد تحولت معظم أراضيها إلى أرض زراعية ، فيها يزرع الأرز وهو أهم الحبوب التي تنمو هناك ، كما يزرع القمح والشعير زراعة شتوية ، وأيضا يزرع الذرة والقطن وقصب السكر والتوابل والبن والمطاط .

## ٣ - الغابات في الأقاليم المعتدلة الدفيئة :

يوجد نوعان من هذه الغابات أحدهما يوجد في غرب القارات ويسمى غابات البحر المتوسط ، والآخر في شرق القارات ويسمى غابات الصين .

## ١ - غابات إقليم البحر المتوسط :

### التوزيع الجغرافي :

توجد هذه الغابات في الأراضي الواقعة حول البحر المتوسط ، وفي أماكن أخرى من العالم من أهمها كاليفورنيا ، وسط شيلي ، وجنوب أفريقيا ، وأقصى جنوب غرب استراليا (انظر الخريطة شكل رقم ٨٣) .

## المميزات المناخية :

يتميز مناخ البحر المتوسط بشتائه المعتدل ، وصيفه الحار الجاف ، وتهب عليه الرياح العكسية بأعاصيرها فتسقط الأمطار شتاء .

## المميزات النباتية :

تتميز الغابات بصفات خاصة تساعد على الاخضرار الدائم حتى في فصل الصيف الجاف . وهي تتحاييل على الجفاف بطرق شتى : أما بطول الجذور كالكروم ، أو بالأوراق السميكة كالتين ، أو بحفظ العصارة في الثمار كالموالح ، أو تخزين الماء في الجذور كالنرجس . فضلا عن ذلك تنمو أشجار

الزيتون التى تتميز بأوراقها الصغيرة والفواكه الجافة كالجوز ، واللوز والبندق والفسق ، وبعض الأشجار ذات الأخشاب الصلبة كالبلوط الفلينى والسرو والهور ، ونباتات عطرية كالفل والياسمين .

### الأهمية الاقتصادية وأثر الإنسان :

اقليم البحر المتوسط هو مهد الديانات والحضارات القديمة ، وقد عمره الإنسان واستثمره منذ القدم ، فأزال معظم أشجاره الطبيعية ، وأحل محلها مختلف أنواع المزروعات : فزرع أشجار الفاكهة كالتين والخوخ والبرقوق ، والموايح كالبرتقال والليمون . كما انتشرت زراعة الكروم والزيتون والحبوب مثل القمح والشعير التى تنمو على أمطار الشتاء ، وكذلك زرع الأرز والخزة والقطن حيث تتوفر وسائل الري ، وأشجار التوت لتربية دودة القز ، أما النبات الطبيعى فيقتصر وجوده الآن فى الجهات المنعزلة الفقيرة التربة . وهى أنواع هزيلة من الشجيرات والأعشاب .

### ب - غابات الصين :

#### التوزيع الجغرافى :

تتمثل هذه الغابات فى جنوب الصين وجنوب شرق الولايات المتحدة بأمريكا الشمالية وأجزاء أخرى من العالم أهمها جنوب شرق البرازيل ، وجنوب شرق إفريقيا، والصين، وكوريا ، وجنوب شرق استراليا (شكل ٨٣) .

#### المميزات المناخية :

يسقط المطر على الجهات السابقة طول العام ، ولكنه غزير فى فصل الصيف .

#### المميزات النباتية :

نباتات هذه الغابات تشبه النبات الموسمى الا أنها أقل كثافة من الغابات الموسمية . وتشتمل على بعض أنواع الأشجار التى تنمو فى غابات اقليم البحر المتوسط كأشجار البلوط الفلينى والتوت ، فضلا عن ذلك تنمو به أنواع لا وجود لها فى الاقليم السابق كنبات الخيزران والماجنوليا .

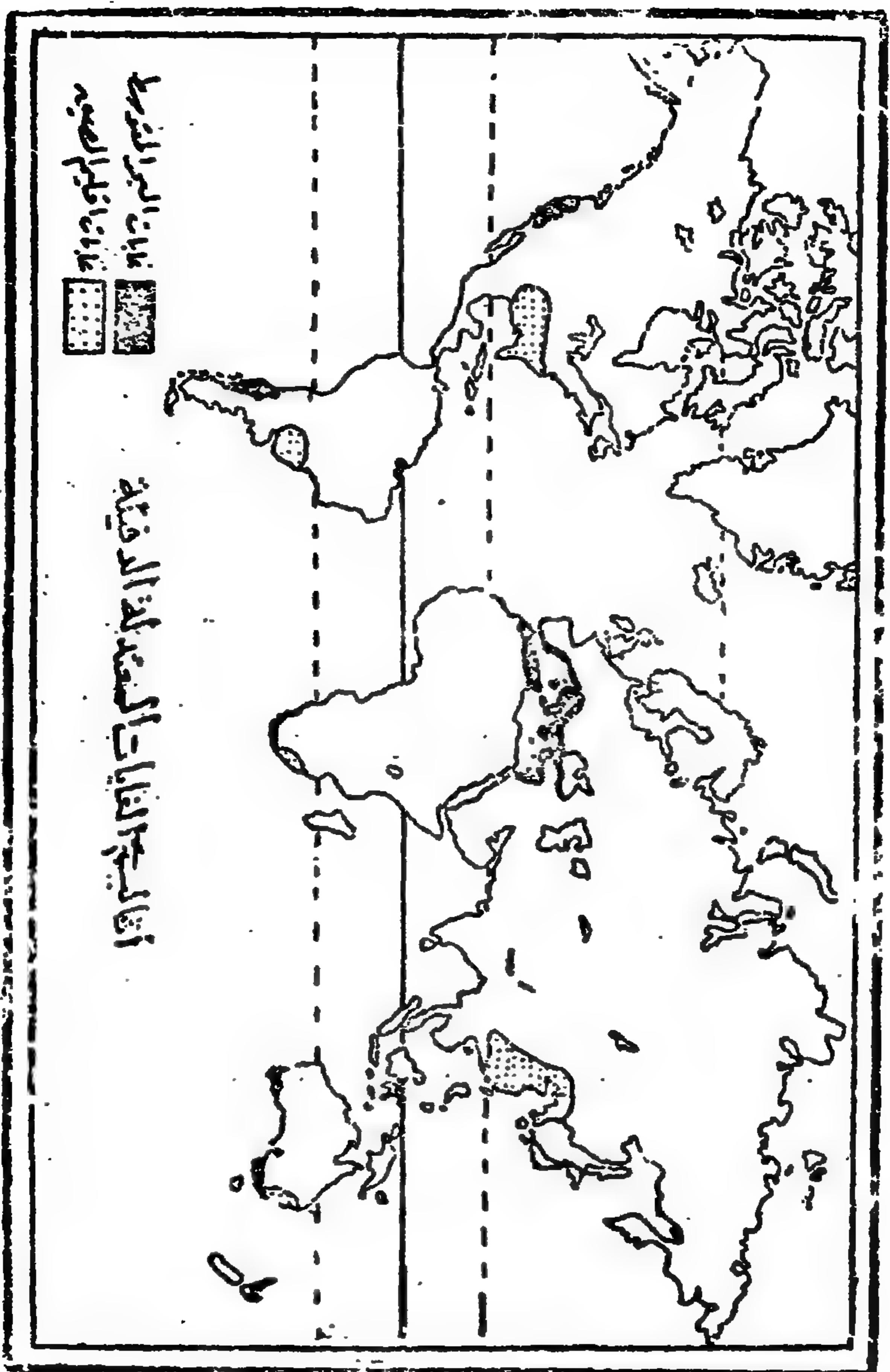
#### الأهمية الاقتصادية :

لأشجار هذه الغابات أهمية اقتصادية عظيمة كما تستغل معظم أراضيها فى الزراعة نظر لتباعد الأشجار وزيادة المسافة بينها .

#### أثر الإنسان :

أخذ الإنسان الصينى فى قطع الكثير من أشجار غاباته ، حيث يجد





شكل رقم (٨٣) توزيع الغابات في الأقاليم المعتدلة الدفينة

مكانها أراضي خصبة تصلح لزراعة بعض الغلات الهامة كالارز والشاي والقطن ، كما غرس أشجار التوت بكثرة لتربية دودة القز .

#### ٤ - الغابات في الأقاليم المعتدلة الباردة (شكل ٨٤) :

##### أ - الغابات النفضية :

##### التوزيع الجغرافي :

توجد الغابات النفضية في شمال غرب أوربا وغرب كندا في أمريكا الشمالية ، وجنوب شيلي بأمريكا الجنوبية ، وفي شرق آسيا في منشوريا واليابان .

##### المميزات المناخية :

نظرا لأن مناخ هذه الجهات صحى يدفع الانسان الى النشاط بالاضافة الى صلاحية أراضيها للرعى والزراعة ، كما أن بها مناطق غنية بالمعادن ، كل هذا أدى الى تقدم المدنية الحديثة في جهات توزيع هذه الغابات .

##### المميزات النباتية :

تتميز هذه الغابات بأنها تسقط أوراقها في فصل الشتاء بسبب انخفاض درجة الحرارة فيه ، وتمتاز أشجار هذه الغابات بأوراقها العريضة ، ومن أهمها البلوط والزان والقسطل والجوز .

##### الأهمية الاقتصادية :

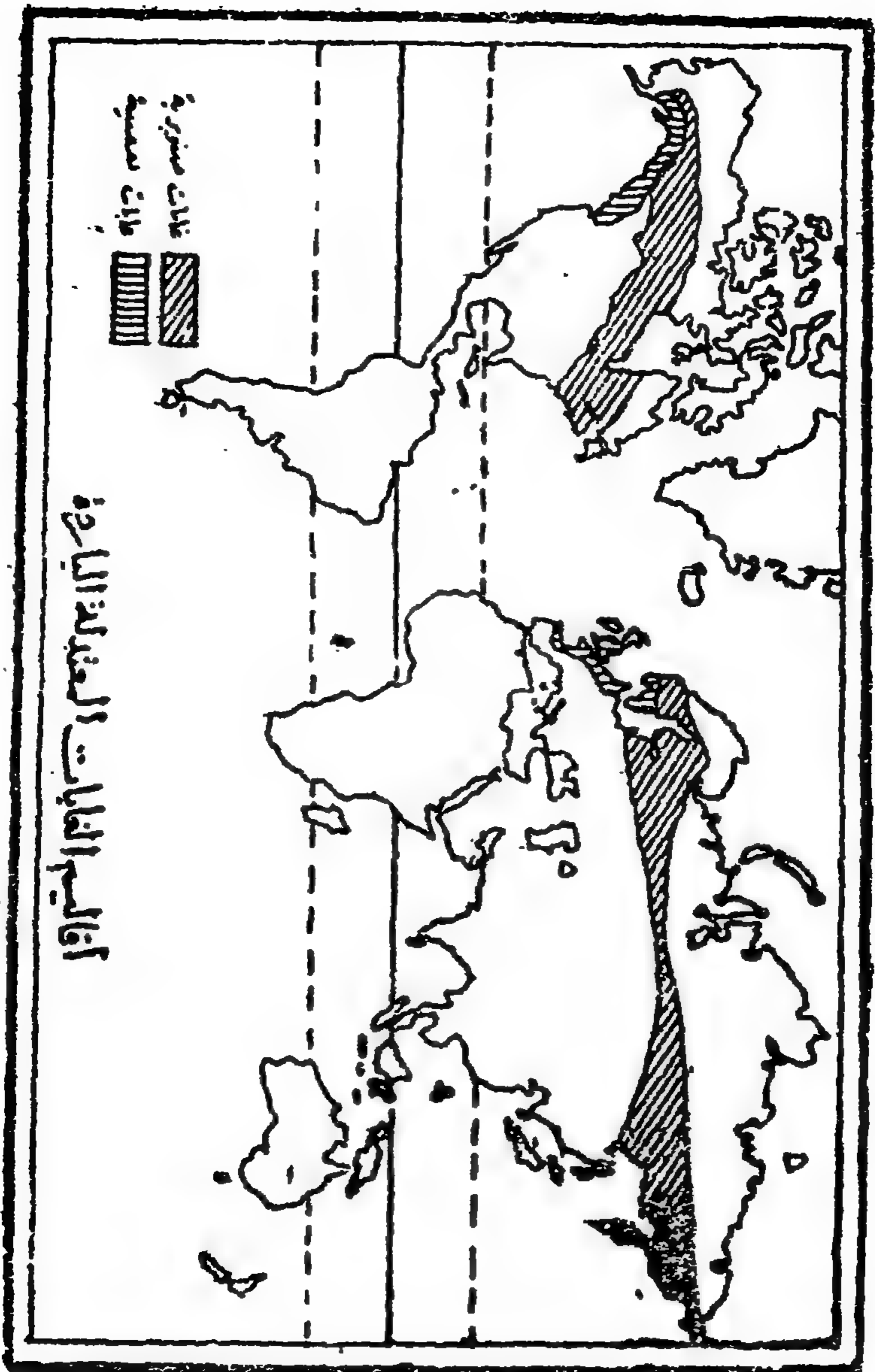
لأشجار هذه الغابات أهمية اقتصادية حيث يأخذ منها جميعا الأخشاب النافعة . ونظرا لأن مناخها صحى يدفع الانسان الى النشاط ، بالاضافة الى صلاحية أراضيها للرعى والزراعة ، كما أن بها مناطق غنية بالمعادن ، كل هذا أدى الى نمو وتقدم المدنية الحديثة في جهات توزيع هذه الغابات .

##### أثر الانسان :

تمكن الانسان بفضل وجود مناطق مكشوفة في الغابة نفسها من السكن داخلها ، ومن قطع أشجارها بالتدريج واعداد أرضها للزراعة ، وخاصة زراعة الحبوب الغذائية ، وفي أمريكا الشمالية يجرى العمل على قطعها لتحل محلها المراعى والأراضي الزراعية وللتنقيب عن المعادن .

##### ب - الغابات المخروطية (الصنوبرية) :

تغطى هذه الغابات مساحات واسعة من آسيا وأوربا وأمريكا الشمالية فيما بين خطى عرض ٥٨° ، ٦٦° شمالا .



شكل رقم (٨٤) توزيع الغابات المعتدلة الباردة

## المميزات المناخية :

مناخ هذه الغابات دفيء في الصيف وشديد البرودة في الشتاء .

## المميزات النباتية :

تمتاز أشجار هذه الغابات بأوراقها الابرية أو المخروطية وسيقانها المعتدلة . وهى كالغابات النفضية قليلة الأنواع وأهمها الصنوبر والشربين .

## الأهمية الاقتصادية :

هذه الغابات موطن الحيوانات ذات الفراء كالدب والثعلب ، ولذلك فإن صيد هذه الحيوانات له قيمة اقتصادية كبيرة ، كما أن لأخشاب أشجارها أيضا قيمة كبيرة ، اذ أنها تعتبر اكبر مورد للأخشاب في العالم .

## أثر الانسان :

يقوم الانسان بقطع الأخشاب من الأشجار ، ويتم ذلك عادة في فصل الشتاء ، حيث يمكن جرها على الجليد (الذى ينتشر في هذه الجهات) الى مجارى الأنهار ، وتترك فيها حتى اذا حل الربيع وذاب الجليد ، فان تيار النهر يجرف الكتل الخشبية الى حيث معامل النشر ، فنشأ عن ذلك صناعة الخشب والأثاث والورق وأعواد الثقاب (الكبريت) . ولقد زرع أيضا بالأمكان التى قطعت الأشجار منها بعض الحاصلات الزراعية التى تتحمل البرد، كالبنجر والكتان والشوفان والشيلم، وتنمو بسرعة عظيمة في الخريف.

## ثانيا : الحشائش

### ١ - الحشائش في الأقاليم المدارية :

#### التوزيع الجغرافى :

توجد هذه الحشائش بين مناطق غابات الجهات الاستوائية والمدارية من ناحية ، والصحارى المدارية الحارة من ناحية أخرى . وأكبر مساحة لها توجد في وسط أفريقيا والسودان حيث تسمى سافانا ، وفي أمريكا الجنوبية حيث تسمى لانوس في مرتفعات جيانا ، وكامبوس في مرتفعات البرازيل ، كما أنها توجد في القسم الشمالى من استراليا (انظر الخريطة رقم ٨٥) .

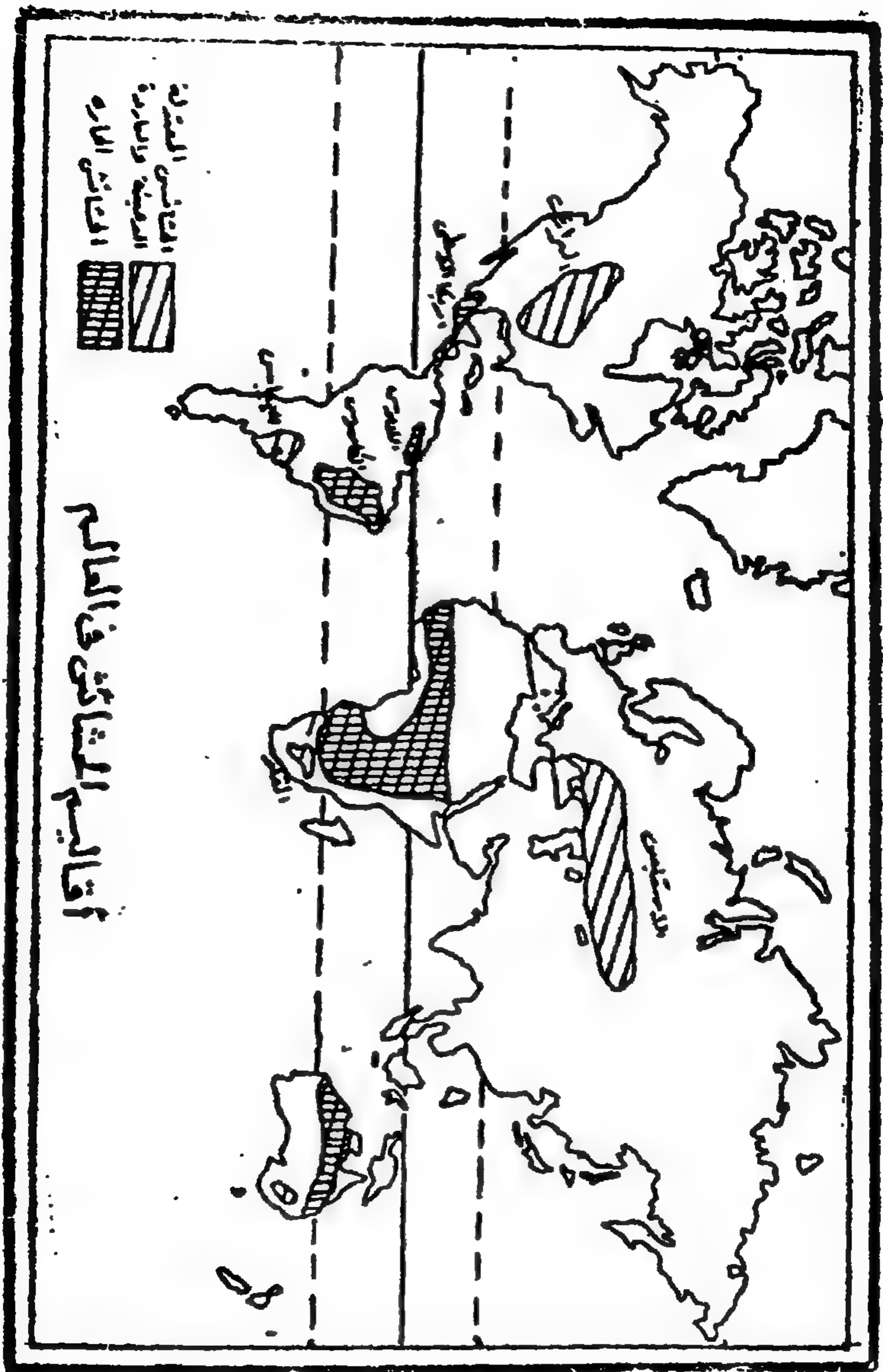
## المميزات المناخية :

درجة الحرارة بها مرتفعة في فصل الصيف الذى يسقط به المطر ، ومنخفضة نوعا في فصل الشتاء الذى يمتاز أيضا بالجفاف .

## المميزات النباتية :

نظرا لأن كمية الأمطار لا تكفى الأشجار ، فان النبات الذى يغلب





شكل رقم (٨٥) توزيع المناخات في العالم

وجوده هو الأعشاب الطويلة ، وهناك نوع خاص من الأشجار ينمو وسط الحشائش يعرف بأشجار الباياب .

#### الأهمية الاقتصادية :

تعتبر السافانا مناطق رعى ممتازة ، ولذلك فإن أغلب السكان هنا رعاة للماشية ، وهم يقومون بتصدير منتجاتها من البان وجلود ولحوم .

#### اثر الانسان :

زرع الانسان في مناطق الحشائش الحارة كثيرا من الغلات الزراعية الهامة نظرا لجودة تربة هذه المناطق ، وأدخل فيها كثيرا من وسائل الري، فتقدمت الزراعة في بعض جهاتها . ومن أهم الغلات الزراعية هنا القطن والذرة والحبوب الزيتية والفول السوداني .

#### ٢ - الحشائش في الأقاليم المعتدلة الدفيئة :

##### التوزيع الجغرافي :

توجد هذه الحشائش بصفة خاصة حول نهر لابلاتا بأمريكا الجنوبية وتسمى بمباس ، وفي وسط الهضبة الجنوبية بأفريقيا وتسمى فلند ، وفي حوض نهري مري ودارلنج باستراليا. (أنظر الخريطة شكل ٨٥) .

##### المميزات المناخية :

إذا سقطت الأمطار في الجهات المعتدلة الدفيئة ، وتميز شتاؤها بجفافه النسبي ، فإن الحشائش تكسو أرضها صيفا . وإذا تميز الشتاء بالمطر والصيف بالجفاف النسبي ، فإن الحشائش تغطي أرضها شتاء .

##### المميزات النباتية :

تتميز هذه الحشائش بخشونتها ، وباطرافها الحادة ، كى تتلاءم مع ظروف المناخ السابق ذكرها .

##### الأهمية الاقتصادية :

تعتبر مناطق الحشائش المعتدلة في الوقت الحاضر أعظم مناطق انتاج اللحوم في العالم ، كما أنها أعظم مناطق انتاج القمح وبعض الحبوب الغذائية الأخرى .

#### اثر الانسان :

حول الانسان بعض أراضي هذه الحشائش الى اراضى زراعية تزرع فيها الحبوب كالقمح والشعير والذرة .

### ٣ - الحشائش في الأقاليم المعتدلة الباردة :

#### التوزيع الجغرافي :

توجد الحشائش في هذه الأقاليم وخاصة في وسط آسيا وجنوب شرق أوروبا ، ويطلق عليها اسم الاستبس ، وتوجد أيضا في وسط أمريكا الشمالية حيث تسمى البراري ، ولا توجد هذه الحشائش في القارات الجنوبية . لماذا؟

#### المميزات المناخية :

نظرا لبعد مناطق هذه الحشائش عن السواحل فإن مناخها يكون حارا في فصل الصيف وشديد البرودة في الشتاء .

#### المميزات النباتية :

الأمطار تسقط في العادة خلال مدة قصيرة في فصل الربيع ، كما تذوب فيه الثلوج فتكون سببا في كساء الأرض بالعشب الأخضر والأزهار الجميلة .

#### الأهمية الاقتصادية :

تستغل مناطق هذه الحشائش في الرعي ، وخاصة رعى الخيول والأغنام والماشية ، كما أن بعض مناطقها وخاصة في أمريكا الشمالية قد تحولت إلى أراضي زراعية خصبة ، تجود بها زراعة الحبوب كالقمح والشعير ، وبذلك فإنها تعتبر مخازن للحبوب في العالم . كما قامت بعض المدن الصناعية التي تشتهر بصناعة حفظ اللحوم والألبان ودبغ الجلود وصناعة الصوف وطحن القلال .

#### اثر الانسان :

رغب الانسان في سكنى تلك المناطق الواسعة لوفرة ما بها من عشب ، ولخصوبة تربتها ، وقد حول جزءا كبيرا منها إلى أراضي زراعية .

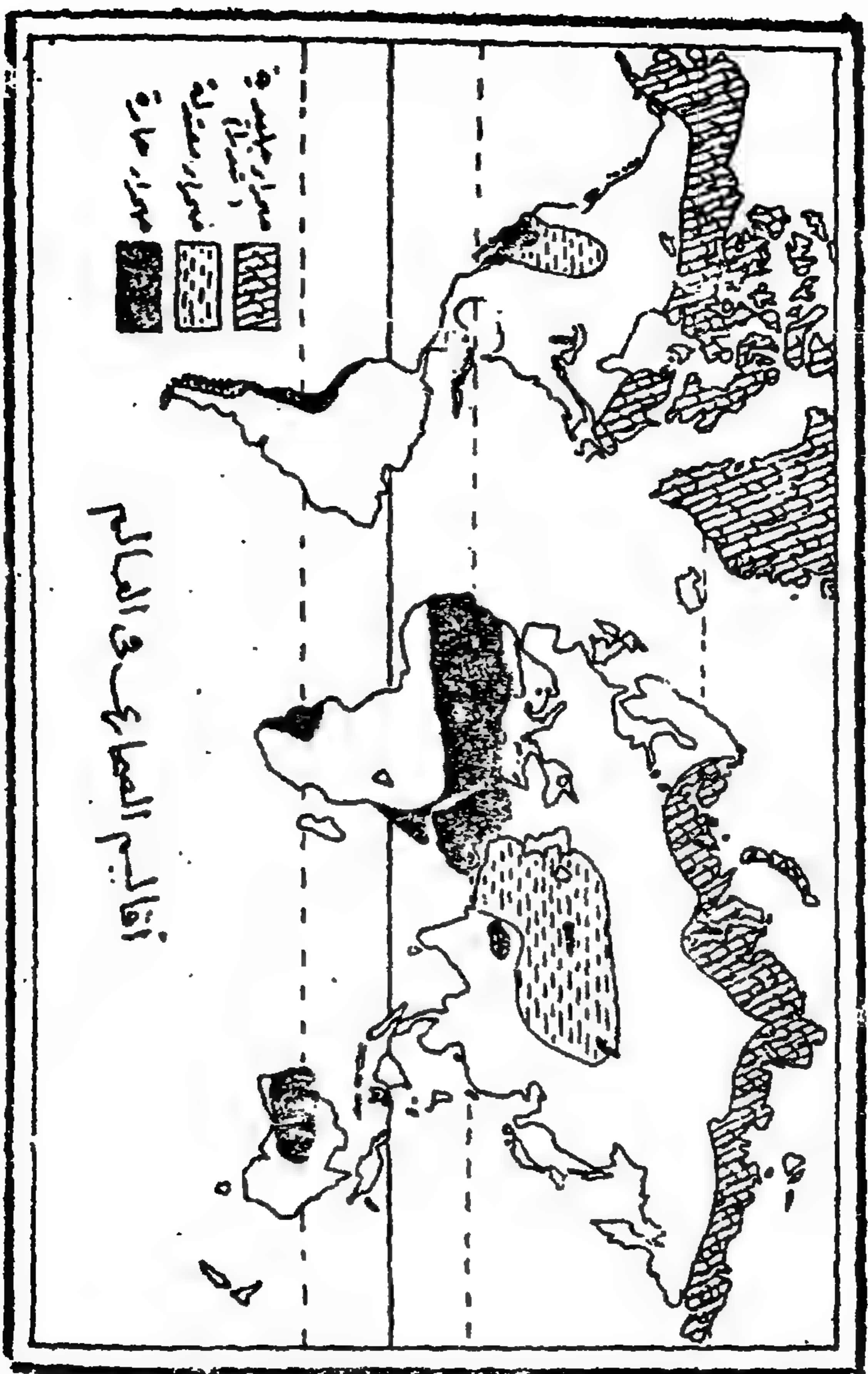
### ثالثا : الصحارى

#### التوزيع الجغرافي :

تشمل الصحارى مساحات واسعة من القارات وأهمها : الصحارى الحارة المدارية مثل الصحراء الكبرى في شمال أفريقيا ، وصحراء شبه الجزيرة العربية في جنوب غرب آسيا ، وصحارى غرب استراليا ، وصحراء أريزونا والمكسيك في أمريكا الشمالية ، وصحراء أتكاما في أمريكا الجنوبية . ثم الصحارى المعتدلة الباردة في وسط آسيا شكل (٨٦) .

#### المميزات المناخية والنباتية :

هذه الصحاروات تنعدم فيها الحياة النباتية تقريبا بسبب قلة الأمطار



شكل رقم (٨٦) توزيع الصحاري في العالم



وطول فصل الجفاف ، وإذا وجدت النباتات فانها من الأنواع التى تقوم الجفاف الشديد ، وتحفظ بالماء فى جوفها لكى تتمكن من الحياة بوسائل مختلفة : فبعضها جذوره طويلة كالنخيل الذى يمتص الماء من تحت التربة ، وبعضها يخزن الماء فى أوراق ليفية سميكة ، وكثير منها يغطى أوراقه بالشوك أو بطبقة شمعية تسد مسامها لتعوق تبخر الماء منها مثل نبات الصبر والصبر .

### الأهمية الاقتصادية :

وتوجد فى مناطق الصحارى أرض صالحة للزراعة إذا توفرت لها مياه الري التى تتمثل فى مياه الأنهار أو فى المياه الباطنية ، حيث تحفر لها الآبار كما هو الحال فى الواحات ، وهذه الأراضى تصلح لزراعة أشجار نخيل البلح والزيتون والفاكهة وزراعة الحبوب .

### أثر الإنسان :

يظهر أثر الإنسان فى هذه الجهات على النحو الآتى :

#### أ - الاستغلال الرعوى :

هناك قبائل رحل يعيشون على رعى الجمال أو الخيول والأغنام والماعز ، كما أن هناك فريقا آخر يقوم بالوساطة التجارية ونقل السلع بين الأقاليم التى تجاور الصحراء .

#### ب - الاستغلال الزراعى :

بعض القبائل فى هذه الجهات يقيمون فى الواحات ويشغلون بالزراعة وخاصة زراعة الزيتون والنخيل وتربية الأغنام ، أو يقيمون على ضفاف الأنهار التى تشق الصحراء كما هو الحال فى مصر ، وهنا حول الإنسان الأراضى الصحراوية الى أراضى زراعية بتنظيم وسائل الري .

#### ج - الاستغلال المعدنى :

استغلت المناطق الصحراوية فى التنقيب عن المعادن . فمثلا استخرجت النترات من صحراء شيلي ، والذهب من صحراء استراليا ، والبتروول من صحراء شمال أفريقيا و صحراء بلاد العرب .

### رابعاً : الصحراء الجليدية أو التندرا

#### التوزيع الجغرافى :

كلمة تندرا كلمة روسية تطلق على الصحراء الجليدية ، التى تغطى



## أثر الانسان :

الانسان هنا لا يجد غير القليل من حاجاته نظراً لفقر الاقليم ، ولذلك فهو يقوم برعى الرنة ، وصيد الحيوانات البحرية كالسمك ، وسبع البحر وعجل البحر والحوت ، وصيد الدب القطبي والثعلب القطبي لفرائدهما في فصل الصيف ، كما أن الانسان هنا يناضل في سبيل الحياة ، حيث لا يستطيع أن يزرع الأرض لتجمد التربة من شدة البرد .

## خامساً : نباتات الجبال

تتنوع النباتات التي تنمو على السفوح الجبلية تنوعاً كبيراً ، بسبب انخفاض درجة الحرارة بالتدرج كلما ارتفعنا . أما المطر فهو غزير على السفوح السفلى ثم يأخذ في النقصان تدريجياً ، لنقص مقدار بخار الماء في الطبقات العليا ، حتى نصل إلى القمم التي تكسوها الثلوج معظم أيام السنة (شكل ٨٧) . وعلى ذلك تتتابع تلك المناطق النباتية في كل الجهات الجبلية ، ويتوقف ذلك على الاقليم الذي توجد به الجبال ، وعلى موقع الجبال ، والرياح التي تجلب المطر .

فاذا تتبعنا للنباتات التي تنمو على الجبال عند خط الاستواء مثل جبل كليمنجارو مثلاً ، فإن النباتات تتدرج على النحو التالي شكل (٨٨) :



شكل رقم (٨٨) قطاع يبين نباتات جبل كليمنجارو في وسط أفريقيا

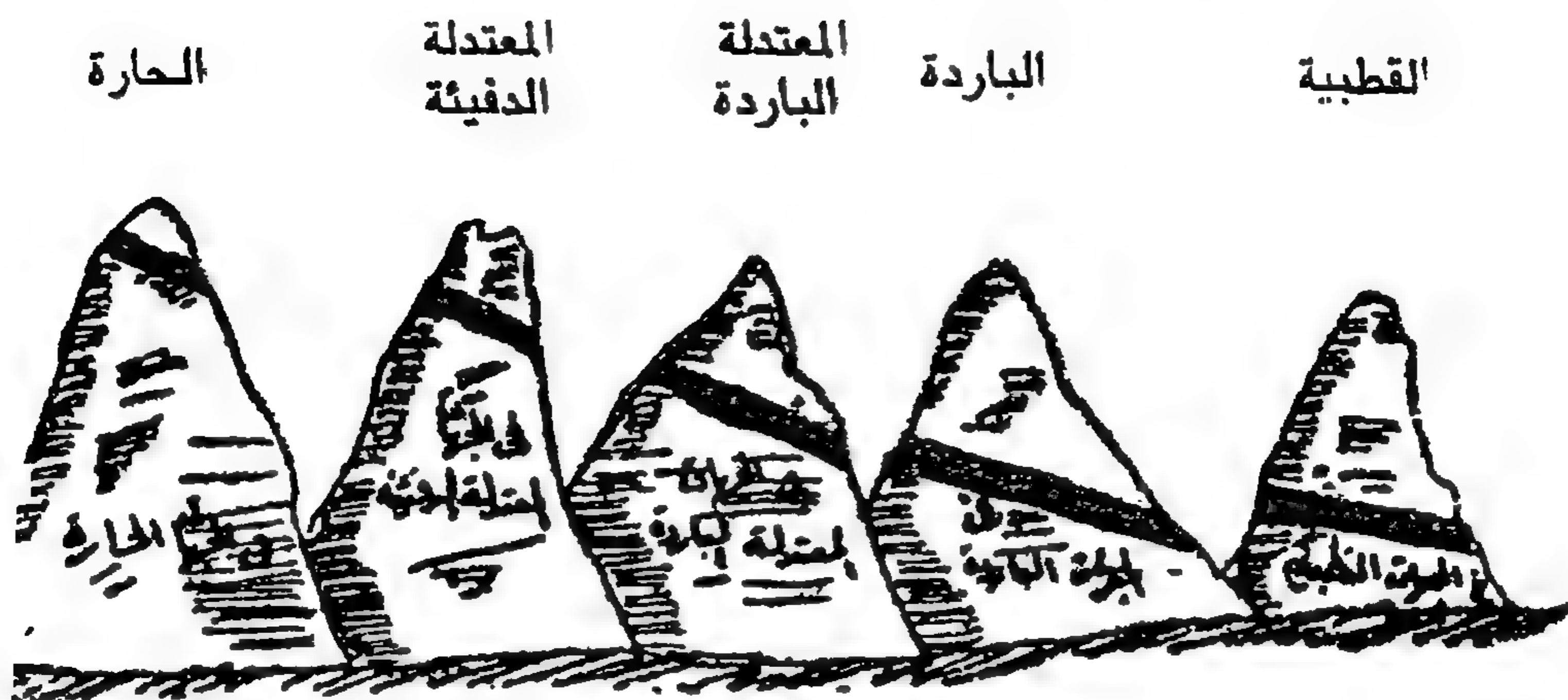
في السفوح السفلى نجد الغابات الاستوائية ، تتدرج إلى المسافانا الغنية بالأشجار ، فالغابات المعتدلة ، ثم الغابات النفضية ، فالغابات المخروطية ، ثم نصل إلى منطقة تكثر فيها الحشائش تشبه التندرا ، وتعرف نباتاتها بالنباتات الألبية ، وأخيراً نصل إلى منطقة الثلج الدائم التي لا تظهر إلا على القمم المرتفعة جداً .

أما في الأقاليم المعتدلة فنجد أن التدرج يكون :

أولاً : بنبات تلك الأقاليم من غابات وحشائش تتبعها التندرا ، ثم منطقة

الثلج الدائم الذى يكون بطبيعة الحال اقل ارتفاعا من سطح البحر عنه فى الجهات الحارة ، شكل رقم ( ٨٩ ) .

ففى الجهات الحارة يكون خط الثلج الدائم على ارتفاع ٥٠٠٠ متر تقريبا ، ثم يهبط الى ٣٠٠٠ متر تقريبا فى جبال الألب فى أوروبا ، وإلى ١٦٠٠ متر تقريبا فوق جبال النرويج . على أن ارتفاع خط الثلج الدائم لا يتوقف على درجة الحرارة فقط ، ولكنه يتأثر كذلك بالأمطار على جوانب الجبال ، فالجوانب الغزيرة الأمطار يكون فيها خط الثلج الدائم أكثر انخفاضا عنه فى الجوانب القليلة الأمطار .



شكل رقم ( ٨٩ ) خط الثلج الدائم



## الفصل الرابع عشر

### الحيوانات وتوزيعها على سطح الأرض

– العوامل التي تؤثر في حياة الحيوانات .

– الأقاليم الحيوانية :

أولا : حيوانات الغابات :

١ – حيوانات الغابات الاستوائية والمدارية .

٢ – حيوانات الغابات الباردة .

ثانيا : حيوانات الحشائش :

١ – حيوانات السافانا .

٢ – حيوانات الاستبس .

ثالثا : حيوانات الصحارى .

رابعا : حيوانات التندرا (الجهات القطبية) .

خامسا : حيوانات الجبال .



تتأثر الحيوانات بظروف البيئة الطبيعية المحيطة بها ، الا أنها أقل تأثراً بتلك الظروف من النباتات ، تبعا لقدرة الحيوانات العظيمة على الحركة والانتقال من مكان لآخر ، كما ان أجسامها تحتفظ بدرجة حرارة معينة تساعدها على الحركة .

### العوامل التي تؤثر في حياة الحيوانات

#### ١ - المناخ :

لكل نوع من الحيوانات مناخ يلائم حياته ، فمثلا الأفاعى لا تعيش في الأماكن الشديدة البرودة ، والتماسيح لا ترى الا في الأقاليم المدارية ، ونظرا لحركة وانتقال معظم الحيوانات ، فاننا نجد بعضها في جهات بعيدة عن موطنها ، فالنمر مثلا يوجد في منشوريا بقارة آسيا .

وتؤثر درجة الحرارة في لون وكثافة الشعر الذى يكسو جلد الحيوانات ففي الجهات الشديدة الحرارة يكسو الحيوانات شعر قصير ، وفي الجهات الشديدة البرودة يكسوها شعر كثيف من الصوف ليقىها شر البرد .

وهناك حيوانات تقاوم هذه الظروف وتتحملها كالزواحف التى يكون لها فترة بيات ، وخاصة في فصل الشتاء لشدة انخفاض درجة الحرارة ، وبعضها يتحمل العطش الشديد مثل الجمل في الجهات الصحراوية الحارة .

#### ٢ - النباتات :

تعتبر النباتات ذات اثر عظيم في حياة الحيوانات ، اذ أنها تتغذى عليها بطريق مباشر كالحيوانات العشبية ، او بطريق غير مباشر كالحيوانات الكاسرة (أكلة اللحوم) التى تعيش على لحوم الحيوانات العشبية . ولكل اقليم من الأقاليم النباتية حيوانات ذات صفات خاصة تميز بعضها عن البعض الآخر .

#### ٣ - التضاريس :

للتضاريس اثر عظيم في حياة الحيوانات ، ففي الجهات الجبلية تتنوع الحيوانات مع تنوع النبات من قاعدة الجبل الى قمته ، كما أن السلاسل الجبلية تعتبر بمثابة حدود فاصلة بين الحيوانات التى تعيش على جوانبها ، فجبال الأنديز في أمريكا الجنوبية مثلا تفصل بين الأنواع التى تعيش في

شرقها والأنواع التي تعيش في غربها ، وكذلك جبال الهيمالايا في الهند  
تفصل بين حيوانات الهند وحيوانات وسط القارة الآسيوية .

#### ٤ - الإنسان :

للإنسان أثر كبير في توزيع الحيوانات على سطح الأرض ، فهو مثلا  
يعمل على زيادة بعض أنواع من الحيوانات مثل الخيول ، أو يساعد على  
اختفاء بعض الحيوانات المتوحشة كالثيران الوحشية الأمريكية .

#### الأقاليم الحيوانية

##### أولا - حيوانات الغابات (شكل رقم ٩٠) :

سبق أن عرفنا أن الغابات تغطي مساحة شاسعة من اليابس ، وعلى  
الرغم من تنوعها تبعا للمعرض التي تقع فيها ، فإن الحياة الحيوانية بها  
زاخرة ، وتتنوع كذلك بتنوعها . فبعض الحيوانات تعيش على أرض  
الغابة ، وبعضها الآخر لا تطأ قدمه الأرض بل يعيش على أشجار الغابة .

##### ١ - حيوانات الغابات الاستوائية والمدارية :

نظرا لازدحام الغابة الاستوائية بالنبات والأشجار ، ونظرا لصعوبة  
الحركة والانتقال ، فإنه ليس هناك متسع للحيوانات الكبيرة الحجم  
والضخمة ، كالفيلة والوحوش الكاسرة ، فهذه تعيش على أطراف الغابة ،  
أما الغابة نفسها فموطن للحيوانات التي تعيش على أعالي الأشجار كالقردة  
وضفادع الأشجار والطيور المختلفة الألوان التي تعيش على الفاكهة  
والحشرات ، وبعض الأفاعى والحشرات التي تعيش في الأراضي الرطبة وفي  
جذوع الأشجار . وتلك التي تعيش على المياه الراكدة والمستنقعات كالبعوض  
وذباب تسمى تسي ، وكذلك التماسيح وأفراس البحر (السيد قشطة) التي  
تعيش في مياه الأنهار والبحيرات والبرك .

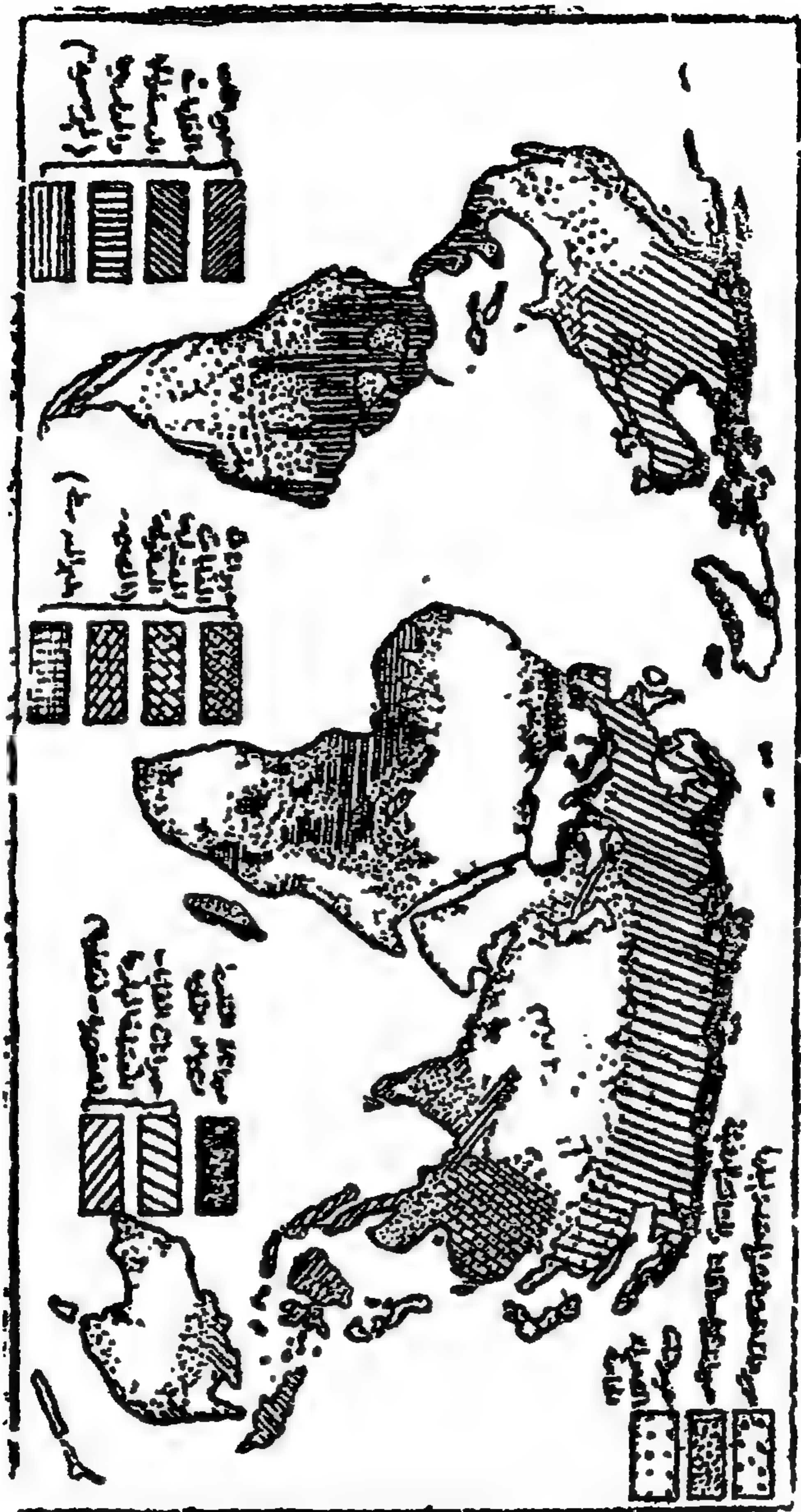
وتمتاز الحيوانات التي تعيش في الأشجار بأعضائها التي تساعد  
على التسلق والتعلق والقفز السريع بين فروع الأشجار .

أما الغابات المدارية (الموسمية) فإنها مأوى للحيوانات التي تعيش  
على العشب كالفيال والخرتيت (وحيد القرن) والوحوش آكلة اللحوم  
كالنمور . والحيوانات التي تعيش على الأشجار في الجهات الكثيفة منها  
هي القردة والسنجاب .

##### ٢ - حيوانات الغابات الباردة :

الحيوانات التي تعيش في هذه الغابات سواء في ذلك الغابات النفضية





شكل رقم (٩٠) الأقاليم الحيوانية فى العالم

أو الصنوبرية قليلة بصفة عامة • وتشمل بعض أنواع الطيور التي تعيش على الفاكهة ، ثم القارضة مثل السنجاب وهي تعيش على الحبوب الجافة ، ثم بعض القطط المتوحشة ، والحيوانات العشبية مثل الأرانب والثعالب والدب والذئب والخنزير البري والغزال الضخم • وتوجد هذه الحيوانات بصفة خاصة في غابات شمال أوراسيا وأمريكا الشمالية ، كما تكثر بها الحيوانات المائية القارضة مثل كلب الماء •

### ثانيا - حيوانات الحشائش :

تكسو الحشائش جزءا كبيرا من سطح الأرض فهي توجد في الجهات الحارة ، وكذلك في الجهات المعتدلة الدفيئة والباردة • وتختلف الحياة الحيوانية بها تبعا لاختلاف ظروف البيئة في كل منها •

### ١ - حيوانات السافانا :

تختلف حيوانات السافانا عن حيوانات الغابات الاستوائية والمدارية ، فبينما معظم حيوانات الغابات السابقة من النوع القادر على التسلق الذي يقضى حياته تقريبا على الأشجار ، وتنغذى على ثمارها ، نجد أن حيوانات السافانا معظمها من الأنواع الأرضية التي تتغذى على الحشائش ، ومن أهمها البقر الوحش والجاموس والحمار الوحش والزراف والخرتيت والفيل والغزال • وبعض الحيوانات المفترسة آكلة اللحوم مثل النمر والأسد والفهد • وسهولة الحركة في اقليم السافانا تساعد الحيوانات على الحركة السريعة والهجرة للبحث عن الغذاء والماء ، وخاصة في فصل انقطاع الأمطار الى نطاق الغابات •

ويعيش في اقليم السافانا ، كذلك بعض الحشرات والديدان التي تكثر في خلال فصل المطر والحرارة ، وبعضها كالأنواع القارضة تعيش في مساكن تحفرها لنفسها في الأرض ، وهنا تعيش أيضا بعض الطيور المتوطنة التي تتغذى على الحشرات ، وقد فقد بعضها القدرة على الطيران نظرا لضخامة جسمه وقصر أجنحته مثل النعامة •

### ٢ - حيوانات الاستبس :

تختلف حشائش الاستبس عن السافانا في موقعها ، وفي كثرة الحشائش بها ، وخلوها من الأشجار، وتتعرض الحيوانات في الاستبس للجفاف والبرد الشديد الذي يهلك النبات والحيوان ، ولهذا فإن بعض الحيوانات يضطر للهجرة الى مناطق أخرى ، بينما يضطر البعض الآخر الى الاعتكاف في مسكنه حتى فصل الدفء •

ومن أهم الحيوانات هنا الغزال والجمال ذو السنامين ، وخاصة في استبس قارة آسيا وأوروبا ، وكثير من الحيوانات القارضة مثل السنجاب وقد كان يعيش قديما في برارى قارة أمريكا الشمالية الثور الوحشى .

ومن صفات حيوانات الاستبس أنها حيوانات ليلية ، أى أنها لاتخرج من حفراتها الا ليلا ، أما الطيور فمن أهمها السمان الذى يهاجر فى أواخر الخريف نحو المناطق الدافئة هربا من برودة فصل الشتاء ، وبحثا عن الغذاء . ومنها كذلك القنابر (قنبرة) وبعض الطيور الجارحة كالحدأة والنسور .

### ثالثا - حيوانات الصحارى :

لما كانت نباتات الجهات الصحراوية قليلة أو معدومة ، كانت الحياة الحيوانية محدودة للغاية . وهى تتركز عادة فى الواحات وقرب حدود الصحراء منها فى الداخل . وأهم هذه الحيوانات الجمال ذو السنام الواحد ، والغزال ، ثم الكثير من الزواحف كالأفاعى والسحالى ، وبعض الحيوانات القارضة الصغيرة ، ومعظمها يخفى بالنهار ولا يظهر الا فى الليل ، كما أن أغلبها يتميز بلونه الذى لا يختلف كثيرا عن لون رمال الصحراء ، وهى ميزة تجعل من السهل عليها الاختفاء من أعدائها . كما أنها تتميز أيضا بتحملها للجفاف الشديد ، والسير بسهولة فى الجهات التى تغطيها الرمال ، لأن لأقدامها شكلا خاصا يساعدها على ذلك .

### رابعا - حيوانات الجهات القطبية (التندرا) :

الجهات القطبية ليست فقيرة فى بيئاتها الحيوانية كما يخیل لنا من أول وهلة ، بل انها زاخرة بالحيوانات على الرغم من قسوة المناخ فيها ، وقلة النبات أيضا .

ونظرا لاقتراب اليابس فى هذه الجهات واتصاله كانت الحيوانات فيها متشابهة فى كل بقعة من بقاعها . وتشمل الحياة الحيوانية فى التندرا بعض انواع من الحيوانات والطيور التى تتميز بمقدرتها على تحمل البرودة عن طريق الفراء السميك الذى يحميها من البرد القارس . وتتغذى هذه الحيوانات من طبقات الشحم المتراكم على أجسامها خلال فصل الشتاء .

وتعتبر الرنة من أهم هذه الحيوانات جميعا ، ولقد استأنسها سكان هذه المناطق وأستخدموها فى جر الزحافات على الجليد فى تنقلاتهم ، فضلا عن أكل لحومها والاستفادة من جلودها فى صناعة ملابسهم وخيامهم ، ويطلق اسم الكاريبو على الرنة التى تعيش فى كندا شمال أمريكا الشمالية .

وفضلا عن ذلك تعيش بعض الحيوانات المفترسة مثل الدب والذئب والثعلب ، وبعض الحيوانات القارضة مثل الجرذان والارانب القطبية .  
وتتميز السواحل البحرية القطبية بوجود حيوانات خاصة مثل فرس البحر والدب القطبي ، وكثير من الطيور البحرية مثل البطريق والبط والاوز المشهور بريشه الناعم .

ونظرا لفقر التندرا في النباتات وخاصة في فصل الشتاء حين يكسوها الثلج ، فان حيواناتها تهاجر الى نطاق الغابات الصنوبرية في جنوبها .

### خامسا - حيوانات الجبال :

تعيش في المناطق الجبلية أنواع من الحيوانات تختلف من منطقة الى أخرى على جوانب الجبال كما هو الحال على سطح الأرض . . وتتلائم الحيوانات في الجهات الجبلية تبعا لظروف البيئة التي تعيش فيها .

ومن أهم الحيوانات التي تعيش في الغابات الجبلية القردة ذات الفراء وهي توجد في جبال هيمالايا ، وهضبة التبت وغرب الصين ، ثم الدب الأسود والنمر الارقط الذي يمتاز بفرائه الأسود السميك ذي البقع الرمادية ، وهو يوجد بصفة خاصة في هضبة منغوليا ، وفي المنطقة التي تكسوها الحشائش يعيش نوع من الغزال الذي يوجد في جبال الألب بأوروبا ، والياك في هضبة التبت في قارة آسيا ، ويمتاز بشعره الكثيف وخفة حركته ، وهو لذلك أهم وسيلة لحمل الأثقال في هذه الجهات . ويوجد أيضا كثير من حيوان الماعز والضأن والحيوانات القارضة . ولا توجد في منطقة الثلج الدائم على قمم الجبال إلا الديدان التي تعيش في الصخور نظرا لشدة البرد .



## الجزء الثالث

### المناخ والأقاليم المناخية بالقارات

#### دراسة تطبيقية

- الفصل الخامس عشر : المناخ والأقاليم المناخية بقارة أوروبا .
- الفصل السادس عشر : المناخ والأقاليم المناخية بقارة آسيا .
- الفصل السابع عشر : المناخ والأقاليم المناخية بقارة أفريقيا .



## الفصل الخامس عشر

### المناخ والأقاليم المناخية بقارة أوروبا

- العوامل المؤثرة في مناخ القارة .
- أحوال المناخ في فصل الشتاء : الحرارة ، الضغط والرياح ، الأمطار .
- أحوال المناخ في فصل الصيف : الحرارة ، الضغط والرياح ، الأمطار .
- الأقاليم المناخية بقارة أوروبا :
  - ١ - إقليم البحر المتوسط .
  - ٢ - إقليم مناخ غرب أوروبا
  - ٣ - إقليم مناخ وسط أوروبا .
  - ٤ - إقليم مناخ شرق أوروبا .
  - ٥ - إقليم المناخ البارد في شمال شرق أوروبا
  - ٦ - إقليم مناخ التندرا .





## العوامل المؤثرة في مناخ القارة :

يتأثر مناخ أوروبا بعدة عوامل أهمها ، موقعها الجغرافي ، وصغر مساحتها النسبي ، وشكلها ، وطول سواحلها ، وتعرج تلك السواحل ، ثم نظام واتجاه مرتفعاتها وسهولها ، ونطاقات الضغط المحيطة بها ، وتعرض سواحلها الغربية لتأثيرات التيارات البحرية الدفيئة .

وتقع أوروبا بين خطى عرض ٣٥° و ٧١° درجة شمالا ، ومن ثم فإن القسم الأعظم منها يقع في نطاق المنطقة المعتدلة ، فيما عدا شريط ضيق يمتد داخل الحائرة القطبية الشمالية . ومع هذا فإن القسم الشرقي من القارة يتعرض للمؤثرات القارية ، ومن ثم يعظم فيه المدى الحراري السنوي الذي قد يزيد على ٥٠ درجة مئوية ، ويتعرض القسم الغربي من القارة لمؤثرات الرياح الغربية والأعاصير التي تصاحبها تلك الرياح التي تهب على أوروبا صيفا وشتاء من المحيط الأطلسي فتجلب لها تأثيرات مناخية ملطفة ، كما تحمل لها الرطوبة والمطر .

والقارة صغيرة المساحة نسبيا ، مما جعل معظم أجزائها قريبا من البحر وتأثيراته اللطيفة ، هذا عدا ما تمتاز به سواحلها من كثرة التعرج ، وكثرة الخلجان المتداخلة في اليابس . علاوة على امتداد الكثير من أشباه الجزر في البحار المحيطة ، مما يسمح بنفاذ المؤثرات البحرية لأجزاء بعيدة في يابسها .

وتمتد مرتفعات أوروبا في اتجاه عام من الغرب إلى الشرق ، وهذا يسمح للمؤثرات المحيطية بالنفاذ والتوغل إلى شرق القارة عبر السهول الشمالية . وتعتبر هذه المرتفعات حاجزا يمنع وصول المؤثرات الجنوبية الدفيئة أو الحارة من الوصول إلى شمالها ، كما تعرقل توغل المؤثرات المناخية الباردة في فصل الشتاء من النفاذ إلى جنوبها . أما في الشرق فنجد الفتحة السهلية الفسيحة الممتدة بين جبال أورال وجبال القوقاز بمثابة منفذ سهل تسلكه المؤثرات المناخية الباردة (شتاء) والحارة (صيفا) من قارة آسيا إلى شرق أوروبا . وتعتبر مرتفعات اسكنديناوه حاجزا يعوق وصول المؤثرات المناخية المحيطية إلى أراضي السويد وفنلندا وشمال روسيا ، وتقتصر على السواحل الغربية من شبه الجزيرة . أما في الجنوب فنجد أعاصير الرياح الغربية تجد لها مسالك عبر منخفض الجارون - كركاسون ، وعبر مضيق جبل طارق إلى البحر المتوسط فتؤثر تأثيرا بينا على أحوال المناخ في أراضي جنوب أوروبا المطلة عليه في فصل الشتاء .

وتؤثر في مناخ أوروبا أربعة نطاقات من الضغط : الأول ، ويعرف بنطاق الضغط المرتفع الأزوري . ينشأ حيث تفرق الرياح الغربية والرياح التجارية في شمال المحيط الأطلسي . وفي فصل الصيف يتسع مجاله ليشمل

أقليم البحر المتوسط ، وقد ينتشر شمالا أيضا ليشمل الجزر البريطانية وينشأ عنه هدوء عام في الأحوال الجوية ، فنجد الطقس مشمساً ، والسماء صافية خالية من السحب وذلك في القسم الجنوبي من أوروبا ، ومثل هذه الظروف المعتدلة تسود أحيانا في الجزر البريطانية وفي شمال فرنسا وهولندا وبلجيكا وشمال ألمانيا . ولما كانت مناطق الضغط المرتفع عديمة المطر في الأغلب الأعم ، فإن الأراضي التي تغطيها تعاني عادة من الجفاف .

**والنطاق الثاني ويعرف بالضغط المنخفض الأيسلندي ، يتركز فوق شمال المحيط الأطلسي طوال العام ، حيث تلتقي التيارات القطبية الباردة بالرياح الغربية الدفيئة . وتنكمش مساحته في فصل الصيف عنها في فصل الشتاء حين يتسع جنوبا إلى سواحل أسبانيا والبرتغال . وتتحرك الأعاصير التي تنشأ في هذا النظام من الضغط صوب الشرق عبر أوروبا ، وهي تزداد وتتكاثر في الشتاء حين يتناول تأثيرها مساحات أكبر ، وهي تتخذ لها مسارات أو مسالك خاصة تسمى خطوط الأعاصير على طول امتدادها يشتد النشاط الأعصاري وتأثيره ، وهي على أي حال لا تترك قسما من غربي أوروبا دون أن يتناوله تأثيرها ، وفي فصل الصيف تستطيع الأعاصير النفاذ من غرب أوروبا والوصول إلى أقصى شرق القارة والتأثير فيه .**

**والنطاق الثالث يعرف بنظام الضغط المرتفع الآسيوي في فصل الشتاء حين تشتد البرودة في الأجزاء الداخلية والشمالية من آسيا ، ويصبح قلب القارة وشمالها مركزا لكثلة عظيمة من الهواء البارد ، ويمتد تأثير هذا النظام إلى قارة أوروبا في هيئة لسان من الضغط المرتفع يمتد عبرها كاسفين ضد أعصاري قاعدته في آسيا ، ويقسم الرياح الغربية إلى مجموعتين من التيارات الهوائية ، أحدهما في شماله تؤثر على مناخ غرب أوروبا ، والآخرى في جنوبه تجلب بأعاصيرها المطر والطقس المتغير لأقليم البحر المتوسط .**

**والنطاق الرابع ويسمى بالضغط المنخفض في جنوب غرب آسيا ، ينشأ في فصل الصيف ، ومركزه شمال غربي الهند ، ومنه يتسع ليشمل القسم الجنوبي الغربي من آسيا . ويقع 'طرف الشرقي من البحر المتوسط والأراضي المشرفة عليه في هوامش هذا النطاق . أما القسم الجنوبي من روسيا وتركيا ومعظم أراضي شبه جزيرة البلقان ، وهي جميعا تقع في شمال غربي النطاق ، فتسودها جميعا رياح غربية وشمالية غربية جافة . ولهذا فإن القسم الجنوبي الشرقي من أوروبا يعاني في فصل الصيف من الجفاف .**

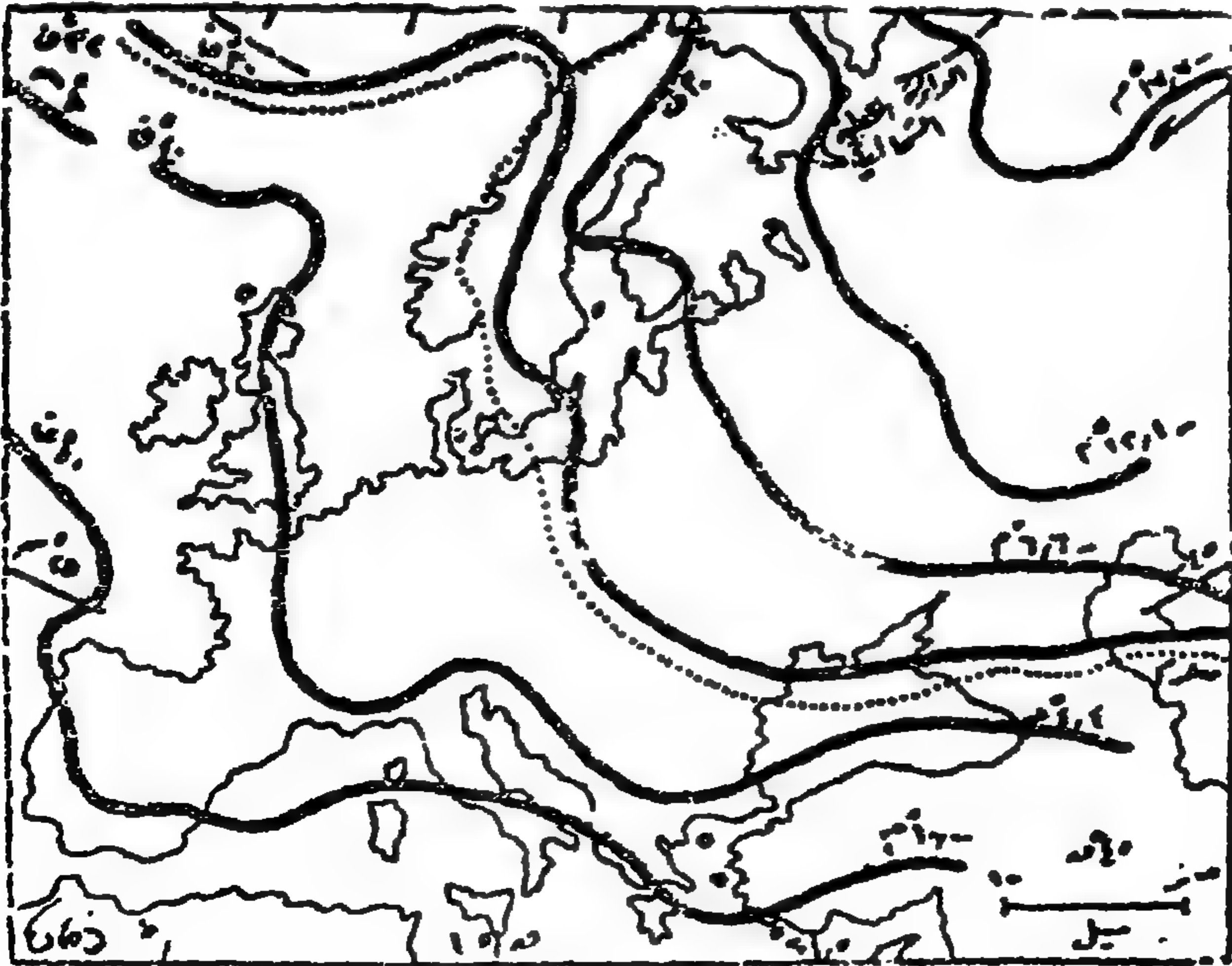
وهناك حقيقة على جانب كبير من الأهمية هي أن حرارة المياه المجاورة لسواحل غرب أوروبا في الشتاء أعلى بكثير من حرارة اليابس . ويتلقى القسم الشمالي من المحيط الأطلسي مددا دائما وثابتا من المياه السطحية

الدافئة عن طريق تيار الأطلسي الشمالي (تيار الخليج الدافئ) الذي يسير نحو الشمال الشرقي مدفوعا بالرياح الجنوبية الغربية السائدة فوق شرق المحيط الأطلسي . وهذا التيار الدافئ هو الذي يبقى موانئ غرب وشمال اسكنديناوه شرقا حتى مومانسك Murmansk خالية من الجليد . ويؤثر التيار عدا ذلك تأثيرا غير مباشر في تدفئة اليابس الأوربي ، فالكتل الهوائية الباردة التي تقترب من أوروبا من الشمال الغربي تدفأ بسرعة حينما تعبر بحر النرويج وبحر الشمال مارة عليه وتصل إلى يابس القارة ككتل هوائية دافئة نسبيا .

### أحوال المناخ في فصل الشتاء

#### الحرارة :

تنخفض درجات الحرارة تدريجيا كلما اتجهنا من غرب القارة صوب شرقها ، ففي ذلك الفصل تنتقل عمودية الشمس إلى الجنوب من خط الاستواء . وتسقط أشعتها مائلة على أرض القارة مما يقلل من تأثيراتها الحرارية ، ويصبح المحيط الأطلسي هو العامل الفعال المؤثر في تلطيف درجات الحرارة بها ، إذ تهب منه كتل هوائية دافئة صوب القارة . ولهذا نجد أن درجة حرارة شهر يناير في سواحل غرب القارة تتراوح بين ١٠°م في ساحل غرب البرتغال وحوالي ٤°م عند الرأس الشمالي .



شكل رقم (٩١) خطوط الحرارة المتساوية في فصل الشتاء



ولعله من المفيد هنا أن نجرى مقارنة بين درجات حرارة الشتاء في أراضى شمال غرب أوروبا ، وبينها في أصقاع أخرى تقع على نفس خطوط العرض في شمال شرق أمريكا الشمالية . مثال ذلك درجة الحرارة في كورونا الواقعة في شمال غرب أسبانيا تبلغ في شهر يناير نحو ٨٥°م ، بينما تنخفض في بورتلاند في ولاية مين Maine إلى ٥٦°م ، ويبلغ متوسط حرارة شهر يناير في مدينة بيرجن Bergen في غرب النرويج ٢٨°م ، بينما نجد مياه خليج هدسن الواقعة على نفس العروض تتجمد في الفترة بين نوفمبر ومارس .

وكما توغلنا في اليابس الأوروبي صوب الشرق ، وبعدنا عن المحيط الأطلسي كلما انخفضت درجات الحرارة حتى تصل إلى درجة التجمد وما دونه ، فنجد مثلا أن حرارة لننجراد في شهر يناير تهبط إلى -٩٤°م ودرجة حرارة موسكو تنخفض إلى -١١°م ، والواقع أن مناخ شرق أوروبا أقرب إلى المناخ القارى حيث يعظم فيه المدى الحرارى السنوى . فالفرق الحرارى بين متوسط حرارة الشتاء ومتوسط حرارة الصيف في موسكو مثلا يبلغ ٣٠°م ، بينما يقل الفرق الحرارى قلة كبرى قرب السواحل الغربية لأوروبا . ففي كورونا لا يتعدى المدى الحرارى ١٢°م ، وفي فالينشيا في جنوب غرب أيرلندا ٨٥°م ، وحتى في الرأس الشمالى بالنرويج لا يزيد على ١٣°م .

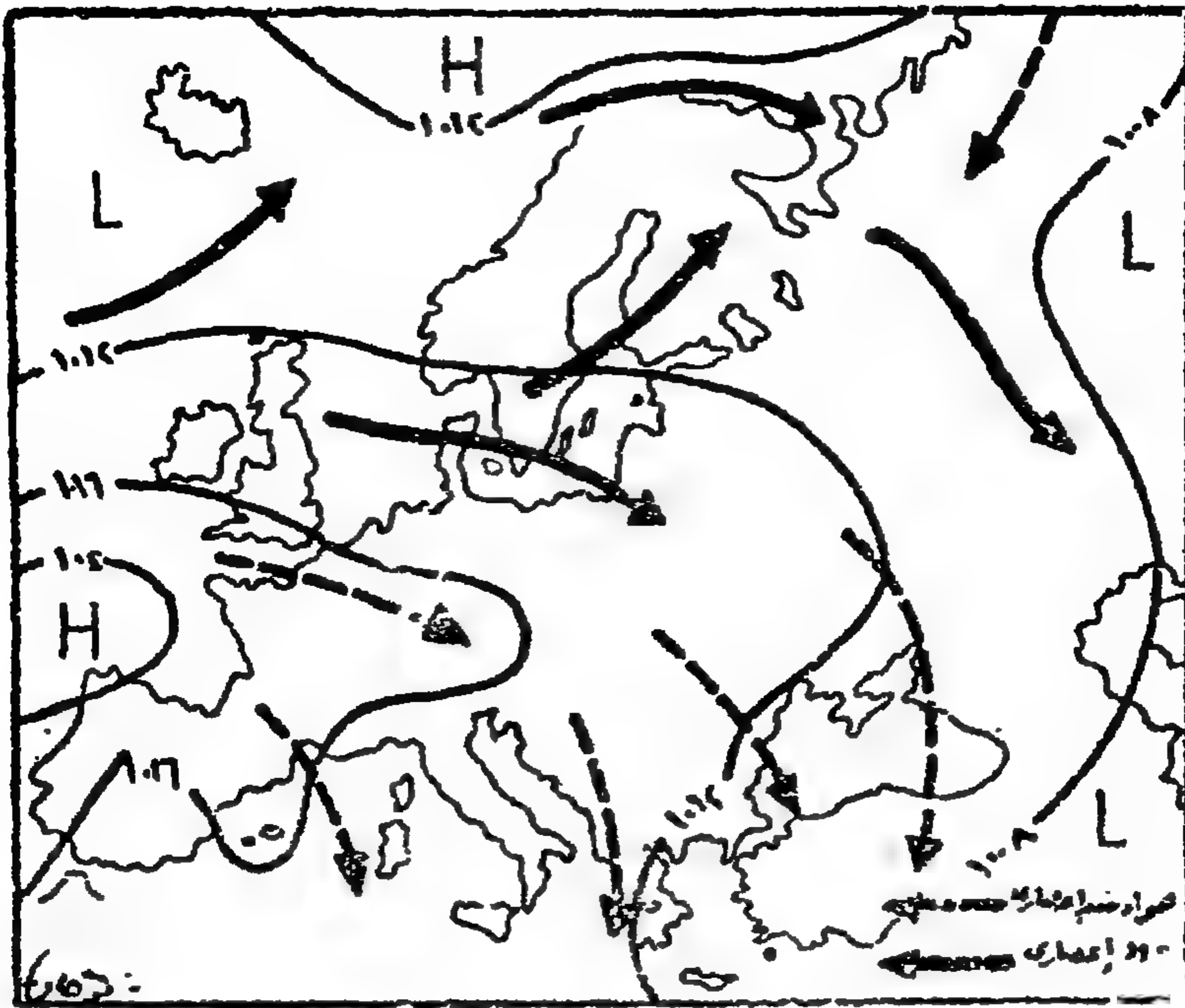
### الضغط والرياح :

وفي هذا الفصل يصبح القسم الشرقى من أوروبا مركزا لنطاق من الضغط المرتفع بسبب شدة برودة الهواء وتكاثفه ، وهو يعتبر امتدادا لنطاق الضغط العظيم المتمركز فوق آسيا في الشتاء ، ومنه تخرج رياح باردة جافة تهب على القسم الأوسط والشمالى الغربى من القارة ، كما تهب أيضا رياح باردة وجافة من الشمال القطبى على أرضها . ويستمر الضغط المرتفع متمركزا في شرق أوروبا فترة طويلة ، ولهذا نجد مناخ الشتاء في روسيا يتميز بالبرودة القارسة والركود وقلة التساقط . ويمتد تأثير الضغط المرتفع نحو الغرب فيتناول بولندا ، وألمانيا خاصة قسمها الشرقى ، وكل أقطار الدانوب ، وسويسرا وشرق فرنسا ، ولكننا نلاحظ أن فترات وجود أضداد الأعاصير تقل في هذه الدول ، إذ تتناوب معها فترات تسود فيها الرياح الغربية التى تجلب الطقس الغائم الرطب والعاصف .

ويحدث في بعض السنين أن يمتد تأثير نطاق الضغط المرتفع الآسيوى ليشمل غربى أوروبا ، كما حدث في شتاء عامى ١٩٤٧ ، ١٩٦٢ وفي ربيع عام ١٩٦٣ ، حينئذ يعانى غرب أوروبا من طقس شديد البرودة . وحيث تستطيع الرياح الشمالية الشرقية أن تعبر نطاق البحر البلطى وبحر الشمال ، تشدد البرودة ، وتتساقط الثلوج كما يحدث أحيانا في أراضى شمال أوروبا المنخفضة وفي الجزر البريطانية .

ويتأثر إقليم البحر المتوسط بالهواء البارد الذى يراىض في فصل الشتاء





شكل رقم (٩٢) توزيع الضغط والرياح في الشتاء

فوق أراضي وسط أوروبا . اذ يحدث حينما تمر المنخفضات الجوية في هذا الفصل على طول السواحل الشمالية للبحر المتوسط أن تنجذب التيارات الهوائية الباردة نحو الجنوب مكونة لرياح قوية باردة تهب على طول وادي الرون تعرف برياح المسترال Mistral ، وعلى شمال البحر الادرياتي حيث تعرف برياح البورا Bora .

وتهب من نطاق الضغط المرتفع الازورى رياح نحو نطاق العروض الستينية ، حيث يتركز نطاق الضغط المنخفض الايسلندى ، ويكون اتجاهها بالنسبة للقارة جنوبية غربية . وعند التقاء التيارات الهوائية القطبية الباردة بالتيارات الجنوبية الحارة أو الدفينة تنشأ الأعاصير بكثرة . وهى الأعاصير التى تسبب ظروف الطقس المتغيرة في غرب القارة وجنوبها .

### الأمطار :

معظم الأمطار التى تسقط فوق القارة من نوع المطر الاعصارى وبعضها تضاريسى . والمطر الاعصارى يصحب مرور الأعاصير التى تدفعها الرياح الغربية صوب القارة . ويشهد ورود الأعاصير في فصل الشتاء ، ولهذا فاننا نتوقع أن اجزاء أوروبا التى تقع في مهب الرياح العكسية وأعاصيرها في هذا الفصل ، تتلقى كمية من الأمطار الاعصارية خاصة منها الاجزاء الغربية ،

وكلما اتجهنا شرقا في قارة أوربا ، وابتعدنا عن المحيط الأطلسى ، تقل الأمطار الأعصارية بالتدريج . ويمكننا ان نلاحظ هذه الظاهرة اذا نظرنا الى معدل كمية الأمطار الساقطة سنويا في عدة مدن تقع على امتداد القارة من الغرب الى الشرق . ففي مدينة بريست Brest التى تقع في شمال غرب فرنسا تبلغ كمية الأمطار السنوية نحو ٦٤ سم . وتجاه الشرق تقل كمية الأمطار الساقطة ، فنجد كميتها في برلين ٥٠ سم ، وفي وارسو ٤٩ سم ، وفي موسكو ٢٦٥ سم ، وفي أوديسا Odessa ٣٥٥ سم . وفي الشرق تتناقص الكمية تناقصا كبيرا الى نحو ١٥ سم في مدينة استراخان Astrakhan الواقعة في دلتا نهر الفولجا .

وفضلا عن أن القسم الشرقى من أوربا يبتعد كثيرا عن المؤثرات المحيطية ، فإنه أيضا يكون مركزا لضغط مرتفع . ولما كان الهواء البارد بطبيعته قليل الرطوبة ، فإن التساقط في شرق أوربا يقل في الشتاء ، وهو يتساقط حينئذ على هيئة ثلج بكميات صغيرة تزيد على بضعة سنتيمترات ويأثم الشتاء تكون هنا عادة هادئة ، فالسماء صحو والشمس مشرقة ، على الرغم من أن درجة الحرارة تهبط الى ما دون درجة التجمد بكثير . وفي موسكو تبلغ كمية التساقط في أشهر النصف الشتوى من السنة ١٣٥ سم من مجموع التساقط السنوى الذى يبلغ ٤٦٥ سم ، وفي شكالوف Chkalov التى تقع قرب السفوح الجنوبية لجبال الأورال يبلغ التساقط نحو ١٤ سم في أشهر الشتاء من مجموع الكمية السنوية البالغة ٣٦ سم .

وتسقط الأمطار في أراضى إقليم البحر المتوسط في فصل الشتاء على الخصوص ، حين تقع تلك الأراضى تحت تأثير الرياح الغربية والأعاصير ، ومن ثم تتلقى أقطار جنوبى أوربا المشرقة على ذلك البحر كميات من الأمطار تفوق في بعض الأماكن جملة ما يسقط منها في غرب أوربا طوال العام . ونظرا لاعتراض مرتفعات الأبنين في ايطاليا وسلاسل الألب الدينازية في غرب شبه جزيرة البلقان لهبوب الرياح الغربية ، نجد أن السفوح الغربية لتلك المرتفعات غزيرة المطر ، بعكس سفوحها الشرقية الواقعة في ظل المطر . ولذلك نجد أن منحدرات الكارست المشرقة على البحر الأدرياتي في يوغسلافيا تعتبر من أكثر جهات أوربا مطرا ، اذ يسقط على بعض أجزائها من المطر سنويا ما يعادل ٤٠٠ سم . بينما نجد مدينة أثينا التى تقع في الجانب الشرقى من البلقان لا يصيبها من المطر سوى ٣٤ سم سنويا .

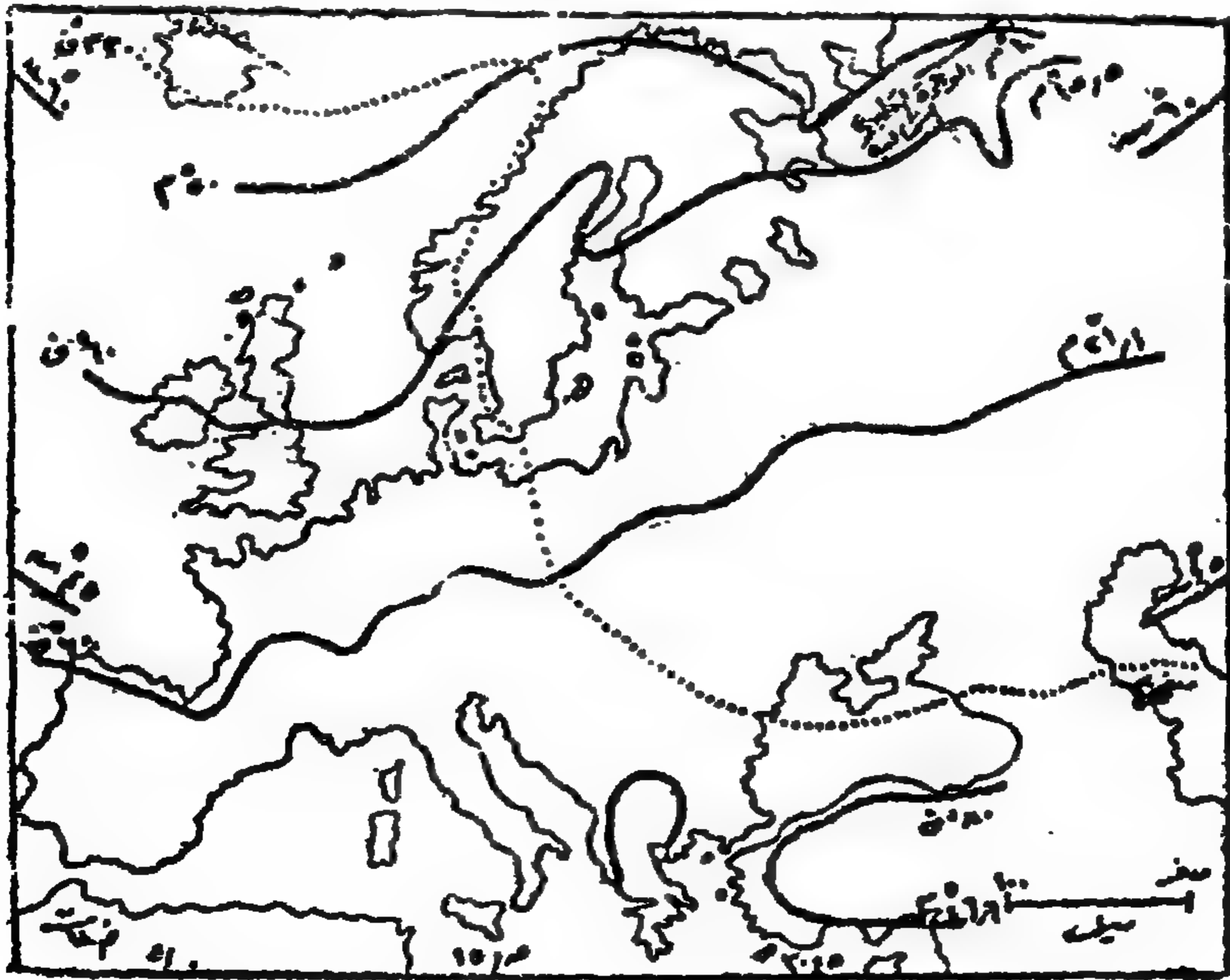
وحيث تصطدم الرياح الغربية بالأراضى المرتفعة والجبال يغزر المطر ، ونشاهد ذلك مثلا في مدينة بيرجن التى يسقط عليها سنويا ١٨٥ سم ، ويسقط في يومين من كل ثلاثة أيام . ويتلقى معظم أجزاء الساحل الغربى لاسكنديناوه كمية من المطر تزيد على ٢٢٥ سم . ويبدو تأثير الجبال في اسقاط المطر حتى في الجهات البعيدة عن المحيط الأطلسى . ففي منطقة Puy de Dome في غصبة فرنسا الوسطى يسقط نحو ١٤٥ سم في السنة ،

وفي جبل سانتيس Saentis في سويسرا ٢١٠ سم، وفي دبروفينك Dubrovnik في ساحل غرب يوغسلافيا السابقة (ساحل الجبل الأسود حاليا) Montnegrأى الى الغرب من مرتفعات الالب الدينارية ١٣٠ سم . وتسقط الأمطار بغزارة أيضا فوق أجزاء من جبال القوقاز التي تجاور أشد جهات أوروبا جفافا فتصل إلى نحو ٣٢٠ سم . أما الجهات التي تقع مظاهرة للجبال أى في ظل المطر فتقل فيها كمية الأمطار . وقد سبق أن أشرنا إلى أثينا التي تقع في الجانب الشرقي المحمي من اليونان ، ونشير كمثال آخر إلى مدينة هاباراندا Haparanda التي تقع في أقصى شمال خليج بوثنيا في السويد ، فهي تتلقى كمية سنوية من التساقط تعادل ٤٢ سم فقط ، وذلك لوقوعها إلى الشرق من مرتفعات اسكنديناوه .

### أحوال المناخ صيفا

#### الحرارة:-

تنتقل عمودية الشمس في هذا الفصل إلى الشمال من خط الاستواء ، ومن ثم تتأثر بها حرارة القارة تأثرا واضحا . ويلاحظ من قراءة خريطة خطوط الحرارة المتساوية لشهر يوليو شكل رقم (٩٣) أنها تشير إلى تناقص منتظم في المتوسطات الحرارية من البحر المتوسط جنوبا إلى المحيط المتجمد شمالا ، والمحطات الداخلية التي تقع في سهول أو بقاع منخفضة هي دائما

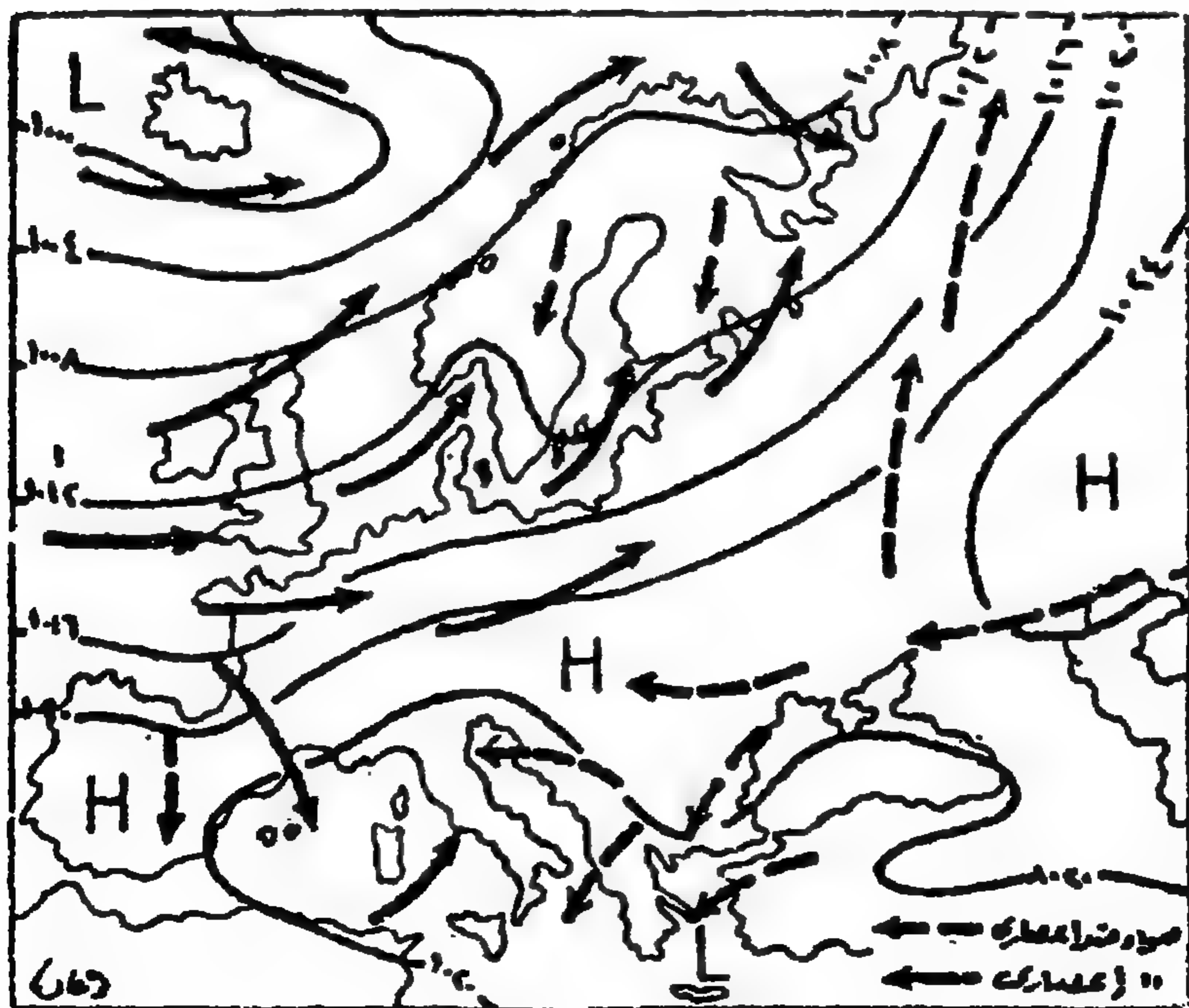


شكل رقم (٩٣) خطوط الحرارة المتساوية في فصل الصيف  
وقد رسمنا خط الصفر المئوي للمقارنة



أدفاً من المحطات المجاورة للمحيط . ومن ثم فإننا كلما ابتعدنا عن البحر ، كلما ازداد المدى الحرارى بين أبرد الشهور وأحرها . وتبلغ درجات الحرارة أقصاها في جنوب القارة حيث يحيط خط الحرارة  $27^{\circ}\text{م}$  بالبحر جزائرها في داخلية جنوب أسبانيا وجنوب إيطاليا ومعظم جنوب شرق أوروبا وسهول الفولجا . وقد يحدث أحيانا أن يسجل الترمومتر نهايات عظمى تنافس الأربعين ، لا في الجنوب والوسط فحسب ، وإنما أيضا في الشمال قرب سواحل بحر الشمال وبحر البلطيق .

وعلى الرغم من أن درجات الحرارة لا تزيد غالبا عن حوالي  $10^{\circ}\text{م}$  حول سواحل المحيط المتجمد الشمالى ، إلا أنه ينبغي أن نلاحظ أن النهار يزداد طولا كلما اتجهنا نحو الشمال ، ومن ثم فإن درجات حرارة الصيف تزداد في العروض العليا بسبب طول فترة شروق الشمس . وهذا يعنى أنه ولو أن حرارة الشمس لا تكون عظيمة في الشمال كما هي في الجنوب ، إلا أنه نظرا لأن الشمس تشرق أثناء فترات أطول في الصيف ، فإن الحرارة قد تكفى للسماح بنشاط زراعى في تلك الجهات الشمالية . ومما لا شك فيه أن موسم النمو قصير ، ولهذا ينبغي استخدام طرائق ووسائل معينة للزراعة حتى يمكن أن تلائم قصر فترة الانبات ، ففي كندا وروسيا يزرع نوع معين من القمح في أصقاع تقع قرب الدائرة القطبية يستطيع أن يكمل دورة حياته ، من موعد البذر حتى وقت الحصاد ، في تسعين يوما فقط .



شكل رقم (٩٤) توزيع الضغط والرياح في الصيف



## الضغط والرياح :

في هذا الفصل يتسع نطاق الضغط المرتفع الأزورى ليشمل منطقة البحر المتوسط . وينشأ عنه هدوء عام في الأحوال المناخية فنجد الطقس مشمساً ، والسماء صافية خالية من السحب ، وذلك في جنوب أوروبا . وعادة نجد مناطق الضغط المرتفع عديمة المطر . وهذا هو السبب في أن أقطار البحر المتوسط جافة في فصل الصيف ، وهو السبب أيضاً في الموجات الحارة التي تسود أحياناً غربى أوروبا ، حينما يتسع نطاق الضغط المرتفع الأزورى ويمتد نحو الشمال في هذا الفصل .

ويتركز فوق آسيا في الصيف نطاق هائل من الضغط المنخفض يمتد غرباً ليشمل شرقى أوروبا ، وتستطيع الرياح الغربية حينئذ أن تتوغل نحو شرقى القارة ، كما تستطيع الأعاصير أن تتقدم معها ولكنها أضعف وأقل عدداً من أعاصير الشتاء .

## الأمطار :

يسقط المطر فوق القارة اعصارياً وتضاريسياً ، ولكن قسماً عظيماً منه في فصل الصيف من النوع الانقلابى ، وهو الذى ينشأ من تصاعد الهواء الرطب الى أعلى فيبرد بدرجة تكفى لحدوث التكاثف ثم سقوط المطر .



شكل رقم (٩٥) توزيع الامطار السنوية

وعادة ما يصاحب الأمطار الانقلابية في قارة أوروبا عواصف مرعدة ، هذا على الرغم من أنه ليس من الضروري أن يقتصر هذا النوع من الأمطار بحدوث الرعد والبرق . ومثل هذه الأمطار تسقط على مختلف أجزاء أوروبا في الصيف ، ولكنها تتركز على الخصوص في الأجزاء الوسطى والشرقية من القارة . ويكون المطر غزيرا بصفة عامة على الأجزاء الغربية وفوق جبال الألب ، ومعتدلا في الوسط ، ويشح في الشرق ، بينما يعاني القسم الجنوبي والجنوبي الشرقي من الجفاف نظرا لهبوب رياح غربية وشمالية غربية تأتي من جهات أبرد إلى جهات دافئة ، لذا فإنها لا تسقط مطرا على تلك الجهات .

### الأقاليم المناخية :

ويمكن تقسيم قارة أوروبا إلى عدة أقاليم مناخية تختلف عن بعضها اختلافا كبيرا في مميزاتها المناخية .

#### ١ - إقليم البحر المتوسط :

ويشمل الأراضي التي تطل على هذا البحر في جنوب أوروبا ، بالإضافة إلى سواحل البرتغال وسواحل جنوب غرب إسبانيا ، وجنوب غرب البحر الأسود ، وسواحل جنوب شبه جزيرة القرم .

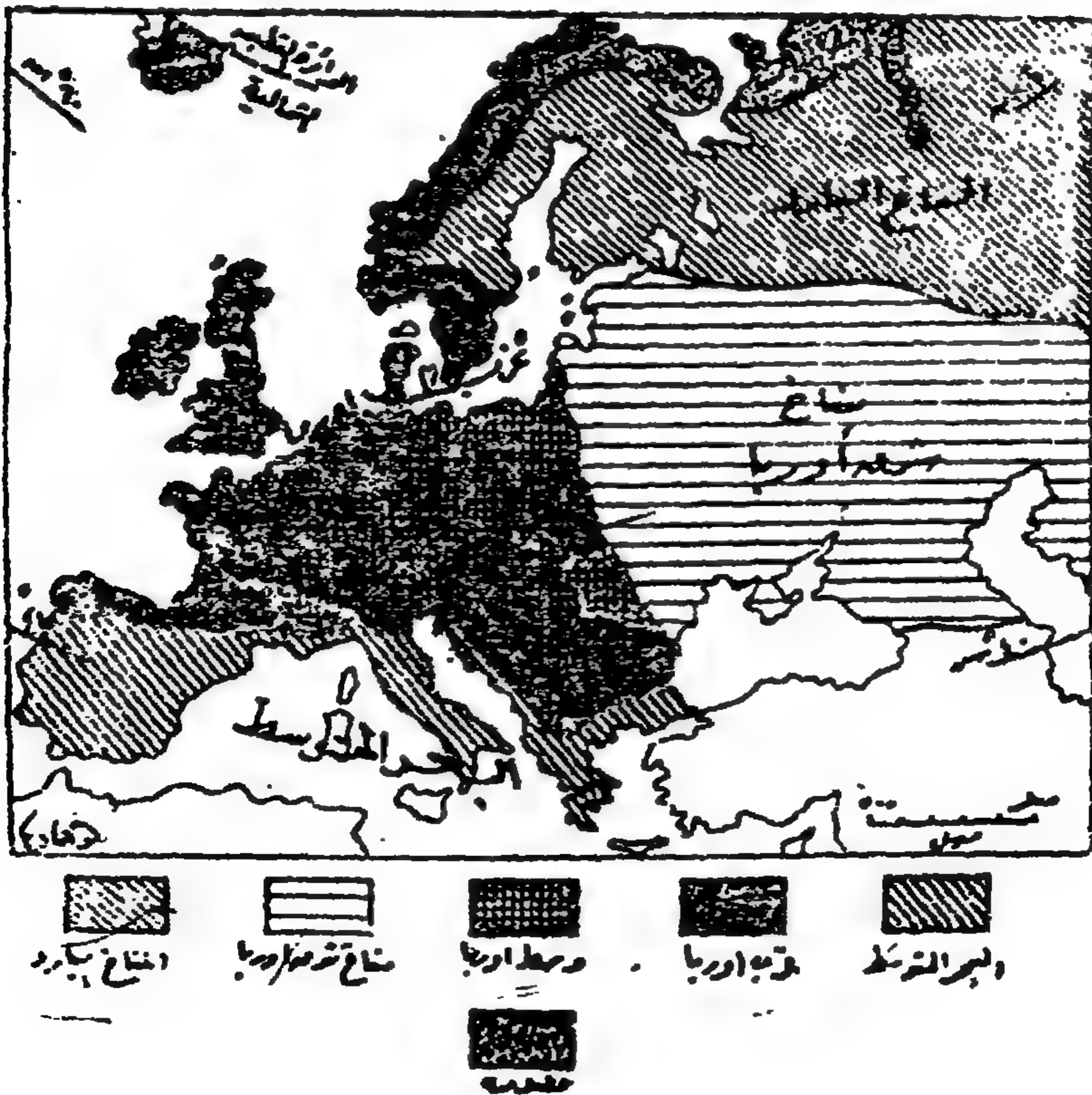
ويتميز الإقليم بشتاء دافئ ، إذ يبلغ المتوسط الشهري للحرارة نحو عشر درجات مئوية ، وتتناقص درجات الحرارة من الجنوب نحو الشمال ، ومن الغرب صوب الشرق . وقد تهبط درجات الحرارة إلى الصفر أو ما دونه في بعض الليالي الصافية ، وخصوصا في المناطق التي تقع تحت تأثير هبوب الرياح المحلية الباردة ، إذ تهب على الإقليم في فصل الشتاء - كما سبق أن ذكرنا - رياح باردة جافة تأتي من وسط القارة ، تجذبها إليه المنخفضات الجوية المحلية ، وهي رياح المسترال في وادي الرون ، والبورا في شمال البحر الأدرياتي ، وإيتسيا في شمال بحر إيجه .

وتشتد الحرارة في أراضي هذا الإقليم في فصل الصيف ، إذ يزيد معدلها على ٢١°م . وتزداد الحرارة كلما اتجهنا من الغرب إلى الشرق ، ومن الشمال صوب الجنوب . وفي شهر يوليو تزداد الحرارة إذ يفوق معدلها ٢٥°م ، كما أن الفرق الحراري اليومي كبير ، إذ يصل الفرق بين أدنى درجة حرارة وأقصاها نحو ٢٠°م . وبسبب الجفاف وصفاء السماء ترتفع الحرارة نهارا حتى لتصل إلى أكثر من ٣٥°م ، بينما تهبط في الليل إلى نحو ٢٠°م أو دون ذلك .

وتقع أراضي الإقليم في منطقة انتقال بين الرياح الغربية التي تهب عليها في فصل الشتاء فتجلب لها المطر ، والرياح التجارية الشمالية الشرقية التي تهب عليها في الصيف ، وهي رياح جافة . ولهذا فالإقليم يتميز بمناخ معتدل

الآخري  
ومتغير في النصف الشتوي من السنة ، وبمناخ شبه مداري ومستقر أثناء الصيف . ومع هذا فاننا نجد في اراضي حوض البحر المتوسط اختلافات مناخية محلية كثيرة ، ويمتد البحر المتوسط من الغرب حتى أقصى الشرق مسافة تزيد على ٣٢٠٠ كيلو متر ، وعلى امتداد تلك المسافة تتناقص الأمطار تدريجيا من الغرب نحو الشرق . فبينما تبلغ كمية الأمطار الساقطة في جبل طارق حوالي ٨٠ سم ، اذ بها تهبط الى ٣٤ سم في مدينة اثينا . وتتسبب المرتفعات في ازدياد كمية الأمطار الساقطة حتى اننا نجد ان كمية المطر الساقطة شتاء على بعض اجزاء من ايطاليا وغرب يوغسلافيا وغرب اليونان تفوق كمية الأمطار التي تسقط سنويا على بعض بقاع غرب أوروبا .

وفي الاقاليم نجد جهاتا تتميز بالارتفاع ، أو بأنها مغلقة تحيط بها الجبال . ومن ثم يصبح مناخها أقرب للمناخ القاري منه لمناخ البحر المتوسط . ومن بين تلك الجهات هضبة المزيता في أسبانيا ، وسهل لومبارديا واجزاء مختلفة من يوغوسلافيا واليونان ، وفي هذه المناطق تنخفض درجات



شكل رقم (٩٦) الاقاليم المناخية



الحرارة عن معدلها المعروف في اقليم مناخ البحر المتوسط المثالي ، ففي بوجوس Burgos في اسبانيا يهبط متوسط درجة حرارة شهر يناير الى ١٩م ، وفي ميلانو الواقعة في القسم الغربي من سهل لومبارديا بايطاليا يهبط المتوسط الحراري في شهر يناير الى ٣م ، وكل هذه الجهات المذكورة تتلقى كمية من الأمطار الصيفية أكثر من كمية الأمطار الشتوية .

وفيما يلي نورد أرقاما لبعض محطات تمثل هذا الاقليم :

المحطة	حرارة ينايرم	حرارة يوليوم	المتوسط السنوي	كمية المطر الشتوية (سم)	كمية الأمطار في أشهر الصيف الثلاثة (سم)
جبل طارق	١٢ر٨	٢٢ر٨	١٧ر٧	٨٧ر٨	١ر٦ (يوليو صفر)
نابلي	٨ر٣	٢٤ر٤	١٦ر١	٩٩ر٨	٨ر٤ (يوليو ١ر٣)
أثينا	٨ر٩	٢٦ر٧	١٧ر١	٣٤ر٩	٤ر٠ (يوليو ٠ر٩)

## ٢ - اقليم مناخ غرب أوروبا :

يشمل هذا الاقليم المناخى السواحل الغربية من شبه جزيرة اسكنديناوه ، وكل الجزر البريطانية ، والدنمرك وهولندا وبلجيكا ، ومعظم فرنسا وشمال ألمانيا وشمال اسبانيا .

ويتميز هذا الاقليم على غيره من أقاليم أوروبا المناخية بوضوح المؤثرات المحيطية المطلقة في كل أجزائه ، وبالتالي فإن المدى الحراري فيه ضئيل ، اذ يبلغ الفرق بين حرارة النهار والليل نحو ١١م ويزيد على ذلك بعض الشيء في الداخل . ومتوسط درجات الحرارة في فصل الصيف بين ١٢° - ٢٠م وتزداد الحرارة كلما اتجهنا نحو الشرق بسبب المؤثرات القارية ، كما تزداد بالاتجاه صوب الجنوب أى بالاقتراب من خط الاستواء .

وحرارة الشتاء على السواحل الغربية معتدلة نوعا اذ تبلغ في بريست نحو ٧م . وهى تتناقص عموما بالاتجاه نحو الشمال (حرارة مدينة بيرجين في شهر يناير ١م) ، وصوب الشرق (متوسط حرارة يناير في باريس ٤م) وتتعرض أراضى هذا الاقليم في فصل الشتاء أحيانا لتغيرات جوية قاسية تتسبب في خفض درجات الحرارة الى الصفر وما دونه خلال عدد من الأيام ، ويحدث هذا حينما يتعرض الاقليم لموجات من الكتل الهوائية الباردة تغزوه من الشمال ، فتتسبب في تكوين الصقيع ، وتجمد مياه الأنهار . هذا وينبغى أن نشير الى أنه على الرغم من أن معدلات الحرارة في شهر يناير في مدينة كباريس مثلا يعلو دائما عن درجة الصفر ، إلا أن الصقيع يحدث في نصف ليالى الشتاء . ومع هذا فإنه لا يشك في أن



هذا النوع المناخى أدفا وأكثر اعتدالا بكثير من الأنواع المناخية الأخرى التى تقع معه فوق نفس العروض ولكن بعيدا نحو الشرق . ففي باريس يبلغ المتوسط الشهرى ليناير نحو ٤°م ، بينف يربط فى ميونخ الى -٢٢°م .

ويتميز هذا النوع المناخى أيضا بالتغيرات المناخية الكبيرة بسبب مرور الأعاصير ، وخاصة فى فصل الشتاء حين يكثر ورودها الى أراضى الاقليم بسبب التقاء الهواء البحرى الرطب بالهواء القارى البارد الجاف أما فى فصل الصيف فيقل الاختلاف بين التيارين البحرى والقارى ، فتضعف قوة الأعاصير ويقل عددها ، وتسود الاقليم حينئذ الرياح الغربية التى يجذبها صوب الشرق نطاق الضغط المنخفض المركز حينئذ فوق شرق القارة .

لهذا نجد أحوال الجوية فى هذا الفصل أكثر استقرارا فى غرب أوروبا منها فى فصل الشتاء .

وتسقط الأمطار هنا موزعة توزيعا يكاد يكون منتظما على فصول السنة . ولكن هناك زيادة طفيفة فى كمية الأمطار الساقطة فى النصف الشتوى من السنة ، وذلك بسبب كثرة ورود المنخفضات الجوية وشدة عمقها . وفى كل أراضى هذا الاقليم لا نجد شهرا جافا ، على عكس اقليم البحر المتوسط الذى تتصف بعض محطاته بتجفاف التام فى شهر يوليو .

والأرقام التالية لبعض المحطات المثالية فى هذا الاقليم تعطينا فكرة عن طبيعة هذا النوع من المناخ :

المحطة	حرارة يناير°م	حرارة يونيو°م	كمية الأمطار السنوية/سم
برجس	١١	١٤ر٤	١٨٥
لندن	٣ر٩	١٧ر٢	٥٣
باريس	٢ر٨	١٨ر٣	٥٠

### ٣ - اقليم مناخ وسط أوروبا :

يشمل هذا النوع من المناخ أراضى وسط وشرق فرنسا ، وألمانيا فيما عدا شمالها ، وسويسرا ، وغرب بولندا ، وأراضى نهر الدانوب الأوسط . وسهل لومبارديا . وهو مناخ انتقالى معتدل بارد نوعا ، ينشأ من اختلاط المؤثرات المحيطية التى تقل نسبيا بسبب البعد عن المحيط الأطلسمى بالمؤثرات القارية التى تزداد وضوحا .

وعلى الرغم من ارتفاع درجات الحرارة فى فصل الصيف ، فاننا نجد أن درجات الحرارة فى الشتاء قد تهبط الى ما دون درجة التجمد فى شهرى يناير وفبراير . والواقع أن جميع أشهر الصيف حارة ، اذ يتجاوز المتوسط

الحرارى لكل منها ١٨م ، وترتفع درجات الحرارة كثيرا عن هذا القدر اثناء فترات النهار اذ تفوق أحيانا درجة الأربعين ، بينما تهبط في ليالى الشتاء الى ما دون الصفر ببضع درجات . ولهذا فأننا نجد أن المدى الحرارى اليومى والفصلى والسئوى كبير .

وتسقط الأمطار في اقليم وسط أوروبا طول السنة ، ولكنها تزداد في فصل الصيف . وكمية الأمطار ليست كبيرة ، ويقلل من تأثيرها الفعلى أن قسما كبيرا منها يسقط في أيام الصيف الحارة حين تعظم عمليات التبخر ، والمطر يسقط حينئذ انقلابيا ، وعلى فترات بشكل منهمر ، ويصحبه في العادة رعد وبرق . وتبلغ كميته السنوية نحو ٦٠ سم ، ولكنها تزداد فتناهمز المائة في سهل لومبارديا الذى يتأثر بنوع مناخ البحر المتوسط (ميلانو ٩٩٥ سم) . أما في فصل الشتاء فان التساقط يصبح من النوع الأعصارى ، وهو يهبط الى الأرض في شكل رذاذ أو في هيئة ثلج . وعلى الرغم من أنه ينزل في موسم موآت بالنسبة للنبات ، فان له قيمة كبيرة في ترطيب التربة استعدادا لزراعة الربيع والصيف حين يكثر الفاقد عن طريق التبخر .

والجدول التالى يحوى أرقاما لمعدلات الحرارة والتساقط في ثلاث مدن مثالية للاقليم .

المدينة	حرارة ينايرم	حرارة يوليو م	المتوسط السئوى م	كمية الامطار السنوية/سم في الصيف/سم	كمية الامطار
برلين	١ر١-	١٨ر٩	٩ر٤	٥٠	٢٨
بلغراد	١ر٧-	٢٢ر٢	١١ر١	٥٤	٣٢
بوخارست	٢ر٨-	٢٢ر٨	١١ر٣	٥٨ر٣	٣٥ر٥

#### ٤ - اقليم مناخ شرق أوروبا :

ويعرف أيضا بالمناخ القارى المعتدل البارد . وهو يتمثل في جنوب اسكنديناوه ، وشرق بولندا وتشيكوسلوفاكيا ، وفي رومانيا وبلغاريا ، وفي روسيا جنوب لننجراد .

وهنا يشتد برد الشتاء اذ يهبط المتوسط الحرارى الى ما دون الصفر . ويبلغ عدد الأشهر التى يهبط خلالها المتوسط الحرارى عن الصفر ثلاثة في وارسو (من ديسمبر الى فبراير) ، وخمسة في كل من موسكو ولننجراد (من نوفمبر الى مارس) . ويعزى هذا الهبوط الكبير في درجات الحرارة اثناء موسم الشتاء الى قصر فترة الاشعاع الشمسى اثناء النهار ، وإلى تعرض أراضى الاقليم لغزوات الكتل الهوائية القارسة البرودة من الشمال والشرق ، كما يرجع الى التبريد الذى يحدثه تراكم الجليد بسمك كبير على

الأرض الباردة . أما الصيف فهو حار ، نظرا لطول فترة الاشعاع الشمسى التى تبلغ نحو ١٧ ساعة يوميا . وتشتد الحرارة خصوصا حينما يتعرض الاقليم لغزوات الموجات الهوائية الساخنة التى تأتية من آسيا . والمدى الحرارى السنوى كبير يبلغ نحو ٣٦ر٧م° ، فى مدينة شكالوف على سبيل المثال (حرارتها فى يناير - ١٥ر٦م° ، وفى يوليو ٢١ر١م°) .

وتسقط معظم الأمطار فوق هذا الاقليم فى فصل الصيف ، وتبلغ أقصاها فى شهرى يونيو ويوليو ، ومعظمها أمطار انقلابية ، بعضها اعصارى وتضارىسى . وتقل الأمطار كلما اتجهنا نحو الشرق والجنوب الشرقى . ونادرا ما تزيد الكمية السنوية على ٥٥ سم ، الا حيثما وجدت المرتفعات (مطر تضارىسى) ، يسقط منها فى أشهر الصيف الثلاثة نحو ٤٠% وفى أشهر الشتاء نحو ١٧% . أما الاراضى التى تقع دون منسوب البحر الى الشمال من بحر قزوين ، فتتصف بظروف مناخ صحراوى ، حيث لا يسقط عليها من المطر سنويا سوى نحو ١٣ سم .

والأرقام التالية لمعدلات الحرارة والتساقط فى ثلاث مدن يدخل ضمن اطارها هذا النوع المناخى :

المدينة	حرارة ينايرم°	حرارة يوليوم°	المتوسط السنوىم°	كمية الامطار السنوية/سم فى الصيف/سم	
وارسو	-٣ر٣	١٨ر٩	٧ر٨	٥٥ر٣	٢٨ر٩
لننجراد	-٧ر٨	١٧ر٢	٣ر٩	٤٨ر٣	٢٨ر٦
موسكو	- ١١	١٨ر٩	٣ر٩	٥٢ر٢	٣٢ر٩

##### ٥ - اقليم المناخ البارد فى شمال شرق أوروبا :

الى الجنوب من اقليم مناخ التندرا ، والى الشرق من شبه جزيرة اسكنديناوه . يمتد نطاق المناخ البارد من منحدرات السويد عبر كتلة الدرع البلطى الى شمال روسيا .

ويتميز بشتاء طويل مظلم قارس البرد ، فيه تهبط درجات الحرارة الى اقل من ست درجات مئوية تحت الصفر . وتنخفض الى أدنى من ذلك كلما اتجهنا صوب الشرق والشمال .

ففى مدينة أوسلو عاصمة النرويج يبلغ متوسط درجة حرارة شهر يناير -٤ر٤م° ، وفى هلسنكى عاصمة فنلندا -٦ر٧م° ، وفى لننجراد الواقعة على حافة الاقاليم الجنوبية -٩ر٤م° ، وفى أركانجل -١٣ر٢م° وترتفع الحرارة فى الصيف معدلها فى أشهره الثلاثة الى نحو ١٣م° ، بينما يبلغ متوسط أحر الشهور نحو ١٦م° ، وتسقط معظم الأمطار فى النصف الصيفى من السنة ،



والتساقط في الشتاء قليل وهو ينزل في هيئة ثلج ، ولا تزيد كمية التساقط السنوية عادة على ٤٥ سم .

#### ٦ - اقليم مناخ التندرا :

يشمل هذا الاقليم القسم الشمالي الأقصى من روسيا وفنلندا واسكنديناوه . كما يشمل أعالي مرتفعات اسكنديناوه حيث يمتد جنوبا في شريط ضيق فوق حافة كيولين Kjolén ، ويتمثل أيضا في جزيرة أيسلندا وفي بعض الجزر الأوروبية في المحيط المتجمد الشمالي .

شتاء هذا النوع المناخي طويل قارس البروده . ويبين طول الفصل البارد تسعة شهور أو عشرة ، وفيه تنخفض درجات الحرارة الى حوالي الصفر وما دونه . ففي بلدة فارديو Vardo (تقع في شمال شرق النرويج على خط عرض ٧٠° شمالا) ينخفض معدل حرارة أشهر الشتاء الثلاثة الى مادون -٥°م وفي فايجاتس الواقعة على نفس خط العرض لكن بعيدا في الشرق يهبط المتوسط الى -١٧°م ، وفي جزيرة اسبتسبيرجين Spitsbergen الى نحو -١٨°م . وفي خلال فصل الصيف القصير ترتفع درجات الحرارة ، ولا يزيد معدلها في أحر الشهور عن عشر درجات مئوية ، ولا يقل عن الصفر ، فخط الحرارة ١٠°م يمثل الفاصل بين نطاق نمو الغابات الصنوبرية الى الجنوب منه ، ونطاق حشائش التندرا الى الشمال منه ، أما خط الصفر المئوي فيمثل الحد الفاصل بين اقليم التندرا ونطاق الجليد الدائم .

وتختلف أراضي التندرا فيما بينها بحسب موقعها وتأثيرها بالمؤثرات القارية أو البحرية . ففي بلدة فارديو Vardo التي تقع شمال شرق النرويج يبلغ المعدل الحراري في شهرى يوليو وأغسطس حوالي ٩°م . وفي النصف الصيفى من السنة يظل معدل درجات الحرارة فوق الصفر المئوي ، ويرجع سبب ذلك الى أن هذه المنطقة ما تزال تتأثر بالمؤثرات المحيطية وبتيار الخليج . وكلما توغلنا نحو الشرق كلما انخفضت درجات الحرارة في البلدان الواقعة على نفس خط العرض (٧٠ درجة شمالا) ، فلا تكاد تصل الى ٦°م في شهرى يوليو وأغسطس وذلك حين تسود المؤثرات القارية ، وتتلاشى المؤثرات البحرية .

وتختلف كمية التساقط من مكان لآخر بحسب الموقع ، وقرب المكان أو بعده عن المؤثرات البحرية ، وهى عموما لا تزيد على ٣٠ سم في السنة ، ومعظمها يسقط على هيئة ثلج . ويزداد التساقط صيفا في الأجزاء الداخلية من الاقليم ، أما الأجزاء الساحلية التى تتأثر بأعاصير الشتاء ، فيكثر عليها التساقط في ذلك الفصل من السنة .



## الفصل السادس عشر

### المناخ والأقاليم المناخية بقارة آسيا

- العوامل التي تؤثر في مناخ القارة .
- أحوال المناخ في فصل الشتاء .
- الظاهرات المناخية في فصل الصيف .
- الأعاصير الشتوية .
- الأعاصير الصيفية .
- أعاصير البنغال الصيفية .
- أعاصير الطقس الحار في الربيع .

#### أقاليم آسيا المناخية

- |                                 |                                     |
|---------------------------------|-------------------------------------|
| ١١ - إقليم المناخ الاستوائي     | ٢ - الإقليم الموسمي المداري .       |
| ٣ - إقليم المناخ الصيني         | ٤ - إقليم مناخ شمال الصين ومنتشوريا |
| ٥ - إقليم البحر المتوسط         | ٦ - إقليم مناخ الصحاري الحارة .     |
| ٧ - إقليم مناخ الصحاري المعتدلة | ٨ - إقليم المناخ المعتدل البارد .   |
| ٩ - إقليم المناخ القاري البارد  | ١٠ - إقليم التندرا .                |



## العوامل التى تؤثر فى مناخ القارة :

يتحكم فى مناخ آسيا عاملان رئيسيان هما : مساحة القارة ، وقلبها الذى تشغله المرتفعات والهضاب .

ونظرا لاتساع القارة ، وعظم مساحتها ، ووقوع اليابس الاوربى الى الغرب منها ، نجد أن قلب القارة يبعد عن اقرب البحار اليه بنحو ٢٤٠٠ كم ، وهذه صفة لا نجدها فى أية قارة أخرى ، ومن ثم فأننا نجد أن آسيا تتميز بالتطرف المناخى الشديد .

ويبدو أن شكل السطح فى القارة لها أثر كبير فى الأخرى فيما تتميز به من ظاهرات مناخية . فالسلاسل الجبلية التى تكتنف الهضاب الوسطى ، تمنع المؤثرات المناخية من الوصول الى داخلية القارة . كما أن امتداد المرتفعات والهضاب بلا انقطاع من أقصى غربها فى آسيا الصغرى ، الى أقصى الشمال الشرقى ، يمثل حاجزا يعرقل نفاذ المؤثرات المناخية من الجنوب الى الشمال أو بالعكس . لهذا يكون الشتاء شديد البرودة فى الأراضى التى تقع شمال ذلك الحاجز ، حتى أننا نجد أبعد بقعة على سطح الأرض تقع شمال شرق سيبيريا عند الدائرة القطبية . ونلاحظ عكس ذلك فى الجانب الجنوبي من تلك المرتفعات التى لا تنفذ اليه المؤثرات القطبية . ففي شمال الهند تشتد الحرارة صيفا ، ويسجل الترمومتر درجات حرارية عالية تناهز مثيلاتها فى أحر جهات الأرض .

## أحوال المناخ فى فصل الشتاء :

حينما تنتقل الشمس جنوبا فى فصل الشتاء ، تصبح الأجزاء الداخلية من آسيا مخزنا لكتل من الهواء البارد الثقيل الجاف ، وتنخفض درجات الحرارة انخفاضاً كبيراً . ويتركز على القارة حينئذ نطاق هائل من الضغط المرتفع ، تخرج منه تيارات هوائية تتشعب فى كل الاتجاهات على شكل رياح باردة جافة ، وغالبا ما تتسم تلك الرياح الباردة بالبرودة القارصة ، وبالقوة والاستمرار . وبينما تجد هذه الرياح الباردة الجافة منافذ لها نحو الغرب الى قارة أوروبا ، ونحو الشرق الى منشوريا والصين الشمالية ، فإن مرتفعات الهيمالايا ، وامتدادها من الغرب الى الشرق يمنع وصولها الى الهند .

وفي جنوب شرق آسيا والجزر المحيطة به ، لا يؤثر تغير الفصل كثيرا على اختلاف درجات الحرارة هناك . فهذه المناطق تقع في النطاق الاستوائي أو بالقرب منه ، حيث لا تظهر منحنيات متوسطات الحرارة اختلافا كبيرا من شهر لآخر . وفي الجهات الاستوائية يتراوح المتوسط السنوي لدرجة الحرارة حول ٢٧° مئوية ، كما يبدو المدى الحراري السنوي قليلا ، اذ لا يزيد في سنغافورة مثلا على ١٥° مئوية .

وتنطبق نفس الحالة على جنوب الهند حتى كلكتا شمالا . الا أننا نلاحظ أن المدى الحراري يزداد فيصل الى ٥٥°م في معظم محطات الجزء الشمالي من هضبة الدكن ، وعلى العموم نجد أن الهند ، وجنوب شرق آسيا ، وبعض جهات جنوب غربي آسيا كلها مناطق محمية من الرياح الباردة الهابة من وسط آسيا في فصل الشتاء ، وذلك بسبب امتداد الحاجز الجبلي في شمال هذه المناطق .

وفي شبه الجزيرة العربية ، نلاحظ أنه على الرغم من الاختلاف القليل نسبيا لمتوسطات درجة الحرارة ، فإن الاختلاف اليومي لدرجات الحرارة يصبح أشد وضوحا ، وتكون له أهمية عظيمة ، وذلك بسبب ظاهرة الجفاف التي تميز شبه الجزيرة العربية ، وبالتالي خلوها من السحب ، الأمر الذي يرفع درجات الحرارة نهارا ، ويخفضها ليلا .

وهناك أجزاء من جنوب غرب آسيا تمتد منها السنة من الهواء الرطب من منطقة البحر المتوسط كسوريا وشمال العراق . ومن ثم تميزت هذه الجهات بشتاء أكثر اعتدالا من مناطق أخرى تقع على نفس خطوط العرض في شرقي آسيا ، خاصة شمال الصين القارس البرودة في فصل الشتاء .

وتبدو المناطق الداخلية من آسيا منعزلة وجافة ، وذلك بسبب المسافات العظيمة والحواجز الجبلية التي تفصلها عن تأثير البحار والمحيطات ، وكذلك بسبب الاختلافات الكبيرة في درجات الحرارة - فصلية كانت أم يومية - وهنا تتمثل ظاهرة القارية والتطرف في أشد صورها ، وتنسحب نفس هذه الخصائص على كل صحاري العروض الوسطى في آسيا بوجه عام .

ويظهر هذا واضحا في مثال مدينة «أولان باتور» عاصمة جمهورية منغوليا الشعبية ، حيث يبلغ المتوسط الحراري لشهر يوليو ١٧° مئوية ، بينما ينخفض هذا المتوسط الى ناقص ١٨°م (أي ١٨°م تحت الصفر) في شهر يناير ، هذا بالإضافة الى أن درجة الحرارة تظل منخفضة عن الصفر المئوي لفترة ستة شهور متتالية (نصف السنة الشتوي) .



وفي شرق آسيا ، تختلف متوسطات الحرارة أساسا تبعا لموقع الإقليم بالنسبة لخطوط العرض . ومع ذلك يبدو متوسط المدى السنوي لدرجات الحرارة كبيرا في الصين ، بسبب برودة الرياح الموسمية الشتوية . ويمكن ان نلاحظ قسوة الشتاء في شمال الصين من مثال درجات الحرارة في مدينة بكين الواقعة على دائرة عرض ٥٤° شمالا . ففي شهور الشتاء (ديسمبر ويناير وفبراير) ينخفض متوسط درجة الحرارة الى ماتحت الصفر المئوي بينما يبلغ متوسط الحرارة في شهر يولية ٢٦ر٥° مئوية ؛ ويؤدي هبوب الرياح الموسمية الشتوية على جنوب الصين الى سيادة الطقس البارد هناك ، وان كان امتداد سلسلة جبال «تسنلنج» ، من الغرب الى الشرق ، يحمي وادي نهر اليانجتسى من هذا الطقس البارد .

وتختلف درجات الحرارة تبعا لارتفاع السطح ، ففي هضبة «التبت» التي يزيد ارتفاع سطحها على أربعة آلاف متر فوق سطح البحر ، نلاحظ انه نادرا ما يزيد متوسط الحرارة الشهرية على ١٥° مئوية . بينما يظل هذا المتوسط الشهري تحت درجة الصفر المئوي لمدة شهرين أو ثلاثة شهور . ولهذا كان شتاء هضبة التبت قارس البرودة . بينما يتصف صيفها بالاعتدال بوجه عام .

ونلاحظ انه حتى في الأراضي القليلة الارتفاع نسبيا ، تنخفض درجات الحرارة كثيرا عن مثيلاتها في الأراضي السهلية الساحلية . ولهذا نجد في جنوب آسيا كثيرا من المحلات العمرانية الواقعة فوق التلال التي تستخدم كمصايف جبلية ، كما في الهند وفي جزيرة جاوة .

وبينما نجد قارة أوروبا تقع شتاء في مهب الرياح الغربية وأعاصيرها ، نجد القارة الآسيوية وقد حازمت من تأثيرات تلك الرياح ، وذلك بسبب نطاق الضغط المرتفع العظيم المتمركز فوقها ، الذي يعوق تقدم الرياح الغربية نحو الشرق . ولكن يحدث أحيانا أن تنحرف بعض الأعاصير ، وتتجه شمالا ، وتتسبب في سقوط الثلوج على شمال غرب سيبيريا ، كما يحدث أحيانا أيضا أن تتمكن الأعاصير من التوغل شرقا ، وتستطيع الوصول الى بلوخرستان وإقليم البنجاب ، فتسبب سقوط بعض الأمطار .

أما الرياح التي تهب من قلب القارة فهي جافة كما سبق القول ، ولكنها حين تمر ببعض المسطحات المائية تلتقط بعض الرطوبة ، وتسقطها مطرا ، كما هو الحال فوق اليابان ، وفي وسط وجنوب الصين ، وساحل الهند الصينية ، وفي جزر الفلبين وجزيرة سيلان . أما جزر اندونيسيا فتسقط عليها الأمطار طوال العام ، نظرا لأنها تقع في نطاق المناخ الاستوائي .

وبناء على ما سبق يمكن القول بأن قارة آسيا في فصل الشتاء جافة  
فيما عدا :

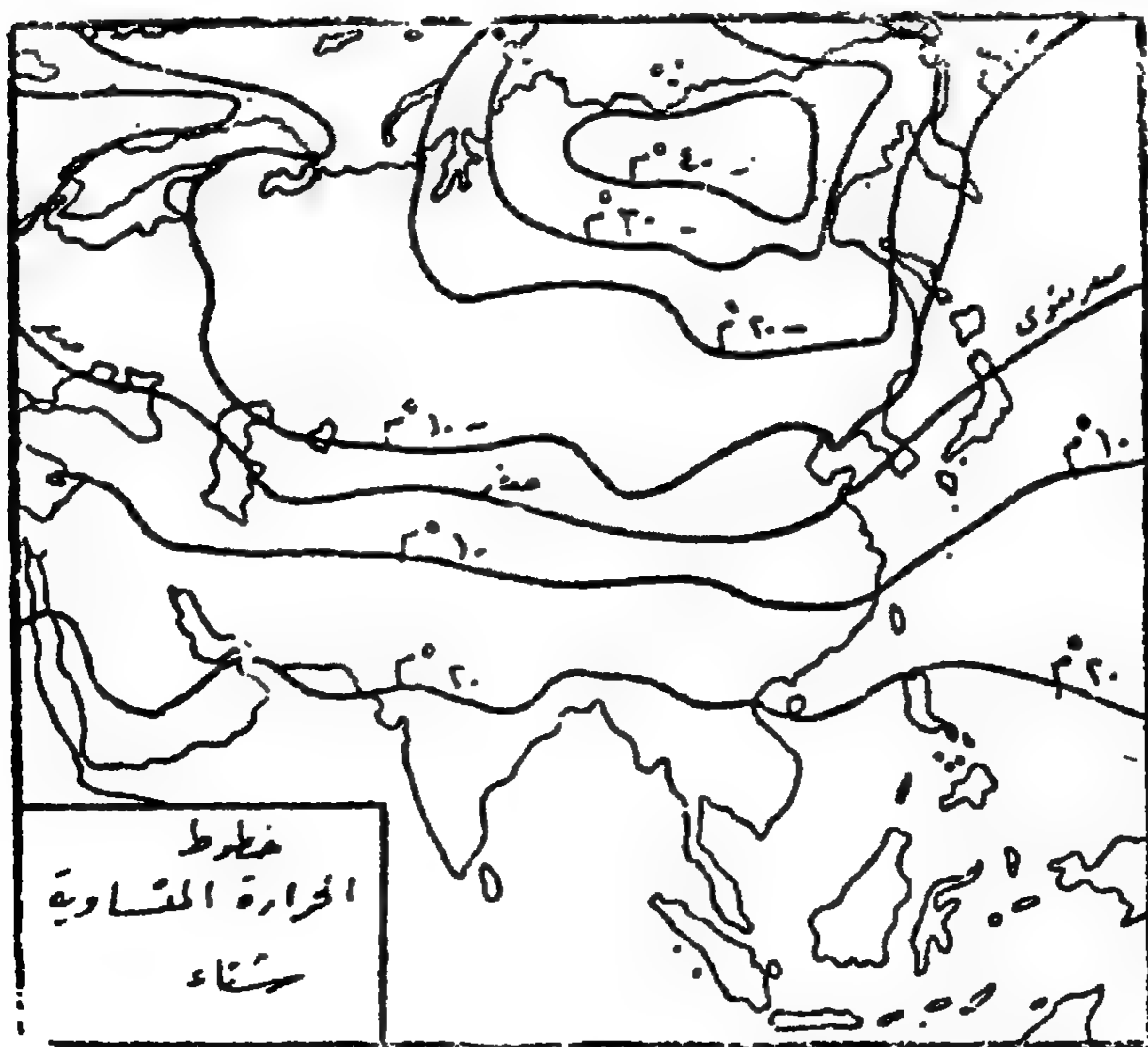
١ - شمال غرب سيبيريا ، حيث يسقط الثلج بسبب ورود بعض  
أعاصير الرياح الغربية الرطبة .

٢ - آسيا الصغرى وجنوب غرب آسيا وإيران وبلوخستان وأفغانستان  
وشمال غرب الهند ، حيث يسقط المطر القليل بسبب استطاعة بعض أعاصير  
الرياح الغربية الوصول الى تلك الجهات .

٣ - ساحل «مدراس» وجزيرة سيلان ، حيث يسقط المطر بسبب  
الرياح الشمالية الشرقية الموسمية التي تهب من قلب القارة ، ثم تتشبع  
بالرطوبة عند اجتيازها خليج بنغال .

٤ - جزر أندونيسيا ، حيث المطر طول العام بسبب وقوعها ضمن  
النطاق الاستوائي .

٥ - بعض السواحل الشرقية للقارة ، التي تتأثر بالمؤثرات المحيطية  
فيسقط عليها المطر الشتوي .



شكل رقم (٩٧) آسيا : الحرارة شتاء

## الظواهرات المناخية في فصل الصيف :

حينما يحل فصل الصيف تسخن الأرض، فيضمحل نطاق الضغط المرتفع ويتلاشى ، وتحل محله مناطق من الضغط المنخفض ، تبدو متفرقة منفصلة في البداية ، ثم لا تلبث أن تتصل مكونة نطاقا عظيمًا متحدًا ، يمتد من شبه الجزيرة العربية وبلوخستان وشمال غرب الهند فهضبة التبت .

وينبغي أن نلاحظ أن ارتفاع حرارة سطح الأرض ، وتكوين مناطق الضغوط المنخفضة يحدث تدريجيا . ففي أثناء شهور الربيع تضعف الرياح التي تهب من داخلية القارة شيئا فشيئا ، وتقابلها رياح أخرى ضعيفة غير منتظمة ، تهب على كثير من مناطق القارة ، ثم لا تلبث الرياح الموسمية أن تهب فجأة وبشدة ، وخاصة على الهند ، حيث يجذبها نطاق الضغط المنخفض العميق المتمركز على إقليم البنجاب في شمال غرب الهند .

وتصل هذه الرياح في أواخر أبريل إلى جزيرة سيلان ، وجنوب الهند كرياح جنوبية غربية ، وتستمر حتى شهر أكتوبر . وكلما اتجهنا شمالا في الهند ، يتأخر تاريخ هبوب الرياح الموسمية الصيفية ، إذ تصل عادة إلى «بمباي» في حوالي اليوم الخامس من شهر يونية . وفي منتصف يونية يصل فرع آخر منها في خليج البنغال إلى كلكتا . وقد تعبر بعض هذه الرياح جبال الهيمالايا مسببة سقوط أمطار غزيرة في جنوب شرق التبت ، حيث تستقبل «لاما» عاصمة التبت نحو ١٢٠ سم من المطر سنويا . ولكن معظم هذه الرياح ينحني بسبب امتداد جبال الهيمالايا ، وتواصل بسبب ذلك سيرها على طول سهول نهر الكانج نحو منطقة الضغط المنخفض في إقليم نهر السند ، وتصل إلى مدينة نيودلهي قبل بداية شهر يولية .

أما الرياح الموسمية التي تهب على الصين واليابان ، فهي أقل قوة واندفاعا ، إذ أن نطاق الضغط المنخفض الذي يتركز فوق الهضاب الوسطى العالية هو في الواقع نطاق منحل ، أقل عمقا بكثير من مثيله في شمال غرب الهند ، وبالتالي أضعف منه في قدرته على جذب الرياح .

ويبدو هبوب الرياح الموسمية في جنوب الصين في شهر مايو ، ولكن هذه البداية لا تكون فجائية كما هو الحال في جنوب الهند . كما أن الأمطار هنا في الصين أقل غزارة منها في الهند . ذلك أن الرياح الهابة على جنوب الصين تكون قد فقدت بعض رطوبتها فوق جزر اندونيسيا والفلبين فأراضي الصين الهندية . وحينما تصل هذه الرياح الموسمية إلى بكين تكون قد فقدت معظم رطوبتها (أمطار بكين السنوية نحو ٦٥ سم) . ولهذا السبب ظهرت ونشأت صحراء جوبي التي تقع على مسافة نحو ٣٠٠ كم شمال غرب بكين .



وفي أواخر سبتمبر وأوائل أكتوبر تكون أمطار الرياح الموسمية قد انتهت في شمال الصين ، وفي بورما وشمال الهند . ومن الجدير بالذكر أن الرياح الموسمية الصيفية تعتبر الظاهرة المناخية السائدة . وتحل في الصيف محل نظام التقاء الكتل الهوائية في النطاق الاستوائي لفترة مداها نصف شهور السنة . وهي تؤدي إلى سقوط المطر فوق كل الجبهة التي تعبر طريق هبوبها .

### الاعاصير الشتوية والصيفية والريعية :

يصح هنا أن نفرد دراسة خاصة للمنخفضات الجوية التي تؤثر في مناخ قارة آسيا أو أجزاء منها شتاء وصيفا ، ويكون لها آثار مناخية وبشرية ذات بال .

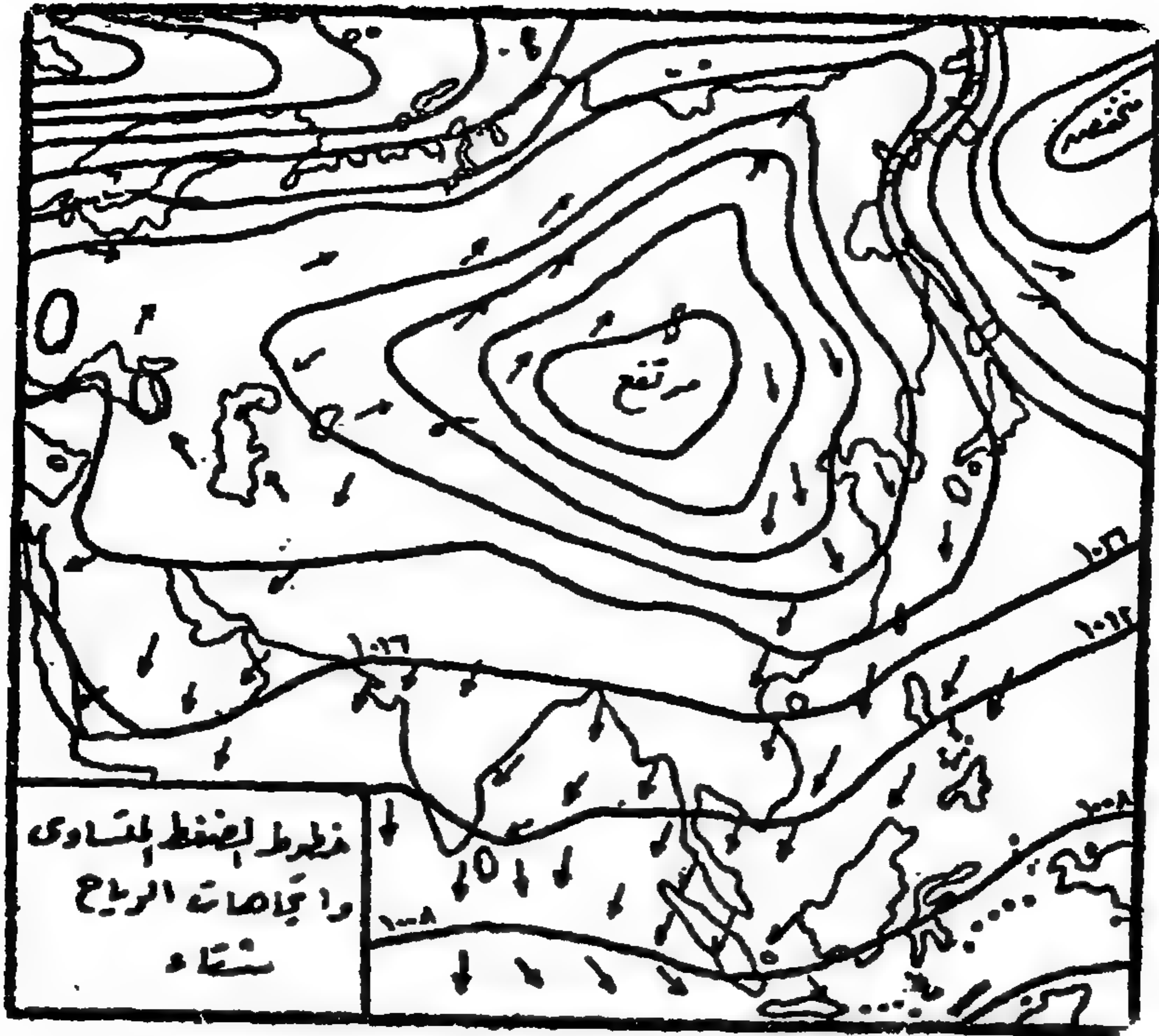
### الاعاصير الشتوية :

تصيب هذه الأعاصير ، كما أسلفنا ، منطقة جنوب غرب آسيا ، وبخاصة تركيا وسوريا ولبنان وفلسطين والأردن وشمال العراق ، وإيران ومنطقة البنجاب ، ويحدث ذلك في فصل الشتاء من كل عام .

ففي فصل الشتاء تتكون على مياه البحر المتوسط منطقة من الضغط المنخفض النسبي ، بين نطاق الضغط المرتفع في الأطلسي الشمالي ، والذي يمتد في ذلك الوقت فوق الصحراء الكبرى ، وبين منطقة الضغط المرتفع الأوراسي (فوق اليابس الآسيوي والأوروبي) ومن ثم يصبح البحر المتوسط مسلكا للرياح الغربية والأعاصير (المنخفضات الجوية) المرتبطة بها ، والتي تنشأ أساسا فوق مياه المحيط الأطلسي نتيجة تقابل كتل الهواء الباردة من الشمال والدافئة من الجنوب ، ثم تدفعها الرياح الغربية في طريقها من الغرب إلى الشرق خلال مسلكها في البحر المتوسط .

كما ينشأ في نطاق البحر المتوسط نفسه عدد كثير من الأعاصير نتيجة لالتقاء أهوية متفاوتة الحرارة من الشمال ومن الجنوب ، ويحدث ذلك على الخصوص في منطقة البحر القيراني والبحر الأدرياتي . ويرتبط سقوط الأمطار في حوض البحر المتوسط بمرور هذه الأعاصير من الغرب إلى الشرق ، واقتحام الهواء البارد لهذه المنخفضات الجوية أو الأعاصير . وتسقط هذه الأعاصير المتجهة شرقا أمطارها على السلاسل الجبلية الغربية والجنوبية لتركيا ، وعلى السلاسل الجبلية الواقعة إلى الشرق مباشرة من ساحل البحر المتوسط الشرقي في سورية ولبنان وفلسطين ، وكذلك على حضبة أرمينيا وسلاسل جبال غربي إيران .





شكل رقم (٩٨) آسيا الضغط الجوي والرياح شتاء

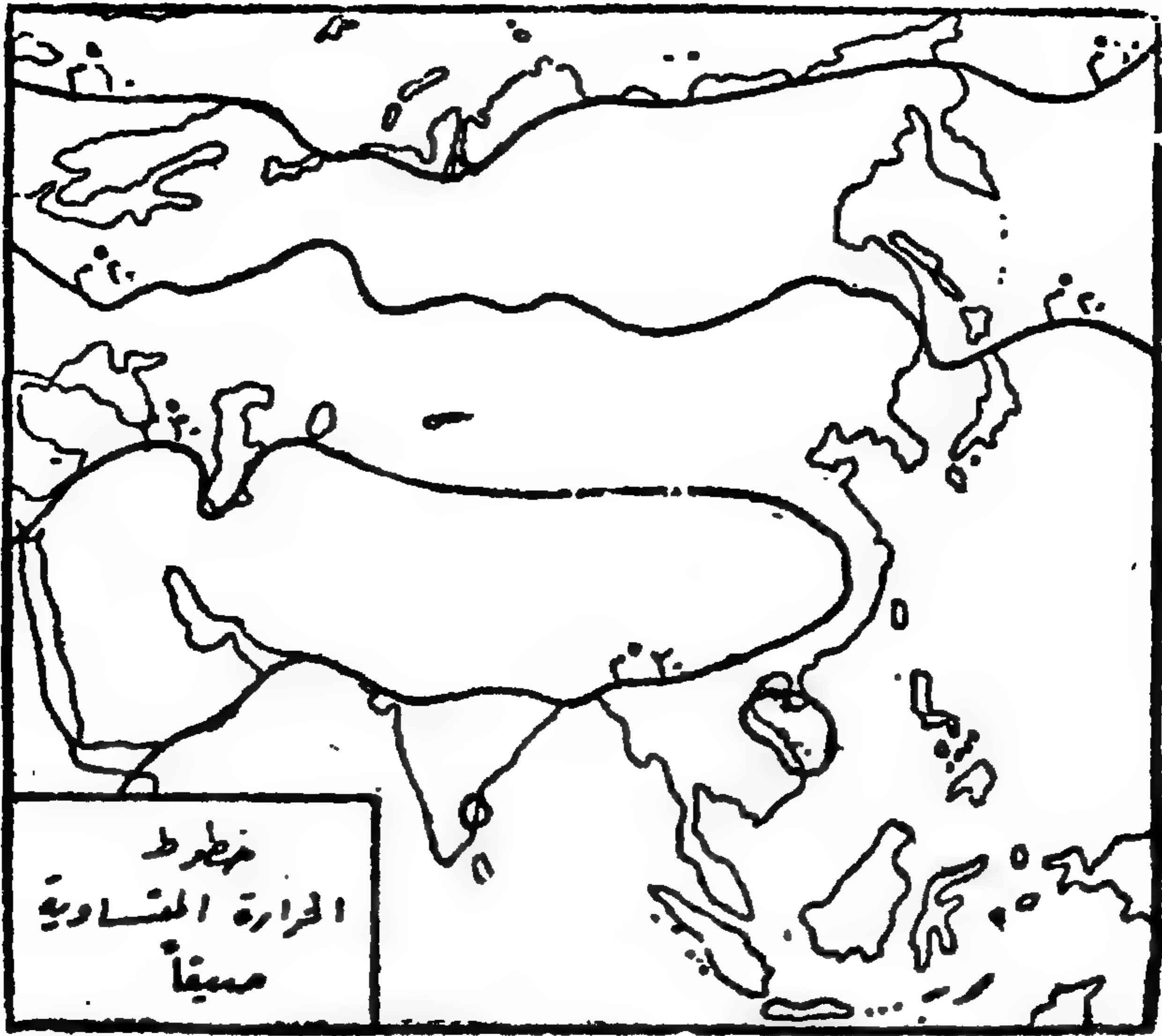
وتتعمق بعض هذه الأعاصير الشتوية شرقا خلال الممرات والفتحات بين الجبال ، فتدخل الى أفغانستان ، ومنها الى شمال باكستان ، ثم تتبع مسلكا محددًا عبر البنجاب ، وفي النهاية تضعف هذه الأعاصير وتختفي فوق سهول الكانج ، وإن كان بعضها ينجح في الوصول الى حوض نهر براهما بوترا في شمال شرقي الهند .

ونادرا ما تزيد الأمطار التي تسببها هذه الأعاصير في شمال باكستان والهند عن خمس الى سبع سنتيمترات فوق السهول ، ولكن هذه الكمية الصغيرة أثبتت أنها ذات قيمة كبيرة للزراع في الفصل المعتدل ، عندما يقل معدل التبخر في هذه الجهات . أما التلال التي تقع الى الشمال مباشرة من هذه السهول ، فقد تسقط عليها كمية أكبر من المطر تصل أحيانا الى ٢٥ سم .

#### الأعاصير الصيفية :

##### وتعرف بأعاصير التيفون :

وأعاصير التيفون ، كأعاصير الهريكان ، هي أعاصير مدارية شديدة عاتية ، وهي ظاهرة ترتبط بنطاق الرياح التجارية . ورغم أنها غير منتظمة



شكل (٩٩) آسيا : الحرارة صيفاً

الحدوث ، ولا يتكرر حدوثها كثيراً ، فإنها خطيرة جداً ، وتسبب خسائر ضخمة في الأرواح والممتلكات . وتحدث هذه الأعاصير الدوارة في أي وقت من السنة . ولكنها أكثر ما تحدث في الفترة الممتدة من أوائل الصيف إلى أوائل الخريف ، أي من شهر يونية إلى شهر نوفمبر . ويتراوح عدد عواصف التيفون بين ٢٠ - ٣٠ عاصفة كل سنة .

وتتركز هذه الأعاصير المدارية أساساً على الجوانب الغربية من المحيطات، وتنشأ في العروض المدارية الدنيا ، وتتجه نحو الغرب أو الشمال الغربي ، وهذا هو المسلك الذي تتخذه عواصف التيفون التي تهب على شرق آسيا، والتي تضعف شدتها بعدما تعبر ساحل القارة في اتجاهها نحو الشمال . ويرتبط بهبوب عواصف التيفون سقوط أمطار غزيرة .

وينشأ عن هذه الرياح الشديدة ، التي تزيد سرعتها عادة على ١١٥ كيلو متراً في الساعة ، وعن الأمطار الغزيرة التي تصحبها ، تدمير عظيم في المناطق التي تقع على مسالك هذه الأعاصير . وتسقط الأمطار المصاحبة لهذه الأعاصير فوق مساحة عظيمة ، وتتوغل في داخل جنوب الصين مسافة تزيد على ٣٠٠ كم .

وتتحرك أعاصير التيفون في طريقها غرباً إلى الفلبين ، ثم تصل إلى الساحل الجنوبي الشرقي للصين في مسالكٍ منحنية ، بعضها يتجه شمالاً بشرق فيصل إلى اليابان .

### أعاصير البنغال الصيفية :

هناك عواصف من نوع التيفون ، ولكنها تحدث في خليج البنغال ، وتعرف هناك باسم «الأعاصير» . ويحدث نحو ٢٢ إعصاراً منها في كل سنة ، خاصة في الفترة الممتدة بين شهري يولية وأكتوبر . وإثناء هبوب رياح هذه الأعاصير ، قد يضطرب البحر بشدة ، ويحدث أمواجاً عالية ، تصطدم بالسواحل ، وتطغى على القرى الشاطئية ، وتدمر محاصيل الحقول الزراعية . ففي أكتوبر من عام ١٩٧٠ على سبيل المثال ، حدث إعصاران من هذه الأعاصير ، واكتسحا أراضي البنغال في ثلاث مناطق رئيسية منها منطقة «شيتا جونج» ميناء بنجلاديش ، وراح ضحيتها أكثر من عشرة آلاف نسمة .

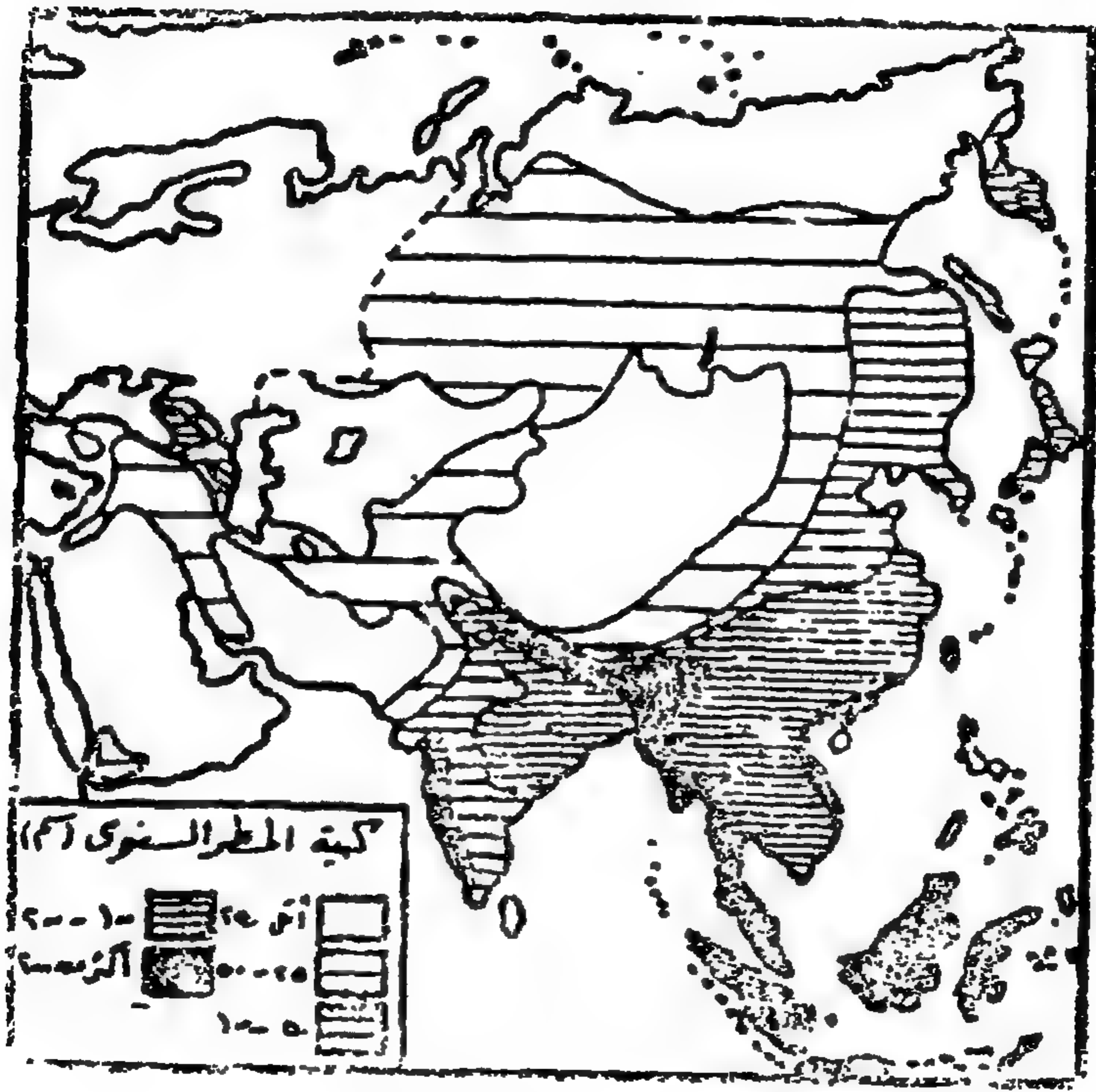


شكل رقم (١٠٠) آسيا : الضغط الجوي والرياح صيفاً

## أعاصير الطقس الحار في الربيع :

يسود الطقس الحار في الفترة التي تسبق هبوب الرياح الموسمية مباشرة . عندما تنشأ عن انتقال الشمس الظاهري نحو الشمال في أشهر مارس وأبريل ومايو ، حرارة محلية شديدة ، وهواء صاعد ، تنتج عنهما عواصف ترابية شديدة غير ممطرة في منطقة البنجاب وسهول الكانج .

وهذا عواصف مماثلة لهذه الأعاصير أو المنخفضات الجوية ، تحدث في منطقة دلتا الكانج وإقليم أسام ، تجذب الهواء الرطب من خليج البنغال ، وبالتالي تسقط أمطارا غزيرة ، وتكون ذات قيمة عظيمة للزراعة ، التي تحتاج إليها قبل أن يبدأ هبوب الرياح الموسمية الرطبة الممطرة .



شكل رقم (١٠١) آسيا : المطر السنوي

## اقليم آسيا المناخية

يمكن تقسيم آسيا الى الانواع المناخية الآتية :

### ١ - اقليم المناخ الاستوائي :

ويتمثل في نطاق يمتد على كلا جانبي خط الاستواء بين خطي عرض



٥ درجة شمالا ، و٥ درجة جنوبا ، ويشمل هنا جزر أندونيسيا باستثناء أراضيها الشاهقة الارتفاع ، والجزء الجنوبي من شبه جزيرة الملايو . ويتميز هذا الاقليم بارتفاع دائم في درجة الحرارة يستمر طول العام ، بحيث ينذر أن ينخفض معدلها في أبرد شهور السنة عن ١٨°م ، كما يتميز بصغر مدى التغير السنوي لدرجة الحرارة ، فالفرق الحراري السنوي لا يتجاوز مداه درجتين أو ثلاث درجات مئوية ، وقد ترتب على هذا وذاك انخفاض دائم في الضغط الجوي ، وهدوء في حركة الرياح حتى لتظل ساكنة فترات طويلة .

وترتفع الرطوبة في هذا الاقليم بسبب كثرة المسطحات المائية ، وشدة التبخر بسبب شدة الحرارة . ويسقط المطر غزيرا في كل فصول السنة بمعدل لا يقل عن ١٥٠ سم في السنة . والمطر من النوع الانقلابي ، وهو يتبع في سقوطه نظاما مألوفاً يتكرر من يوم لآخر ، فهو يتساقط في العادة بعد الظهر بغزارة شديدة مصحوبا ببرق ورعد ، وينتهي عند غروب الشمس ، فتتقشع الغيوم وتصفو السماء .

وعلى الرغم من استمرار الأمطار ودوامها طوال شهور السنة ، فإن لها قمتين ، إذ تزداد الأمطار في الأشهر التي تعقب تعامد الشمس على خط الاستواء ، أي في شهري أبريل ونوفمبر من كل عام . ونظرا للطبيعة الجبلية التي تتميز بها كثير من جزر أندونيسيا فإن نوع المطر التضاريسي يساهم بقسط وافر في كمية الأمطار الساقطة فوق الجزر الجبلية ، خاصة على المنحدرات المواجهة لهبوب الرياح المحملة ببخار الماء .

هذا ويسقط الكثير من المطر على السواحل الشمالية المرتفعة في فصل الشتاء الشمالي ، نتيجة لهبوب الرياح الموسمية الشتوية التي تأتي من داخلية القارة ، ولكنها تمر على مسطحات مائية دفيئة قبل وصولها إلى تلك الأصقاع ، فتحمل كميات كبيرة من بخار الماء ، كما يسقط المطر على السواحل الجنوبية صيفا بسبب هبوب الرياح الموسمية التي تأتي من ناحية الجنوب في ذلك الفصل .

من هذا نرى أن مناخ جزر أندونيسيا هو مناخ خليط من النوع الاستوائي والنوع الموسمي ، فأمطاره دائمة طوال السنة ، شأنه في ذلك شأن الاقليم الاستوائي العادي ، ولكنه يختلف عنه من حيث نوع الأمطار وتوزيعها على أشهر وفصول السنة . فالمطر هنا انقلابي وموسمي ، بينما نجد أن أمطار المناخ الاستوائي كلها تقريبا من نوع أمطار التيارات الصاعدة .

## ٢ - الاقليم الموسمي المدارى :

يتمثل هذا النوع من المناخ أصدق تمثيل في جنوب وجنوب شرق آسيا، حيث تجده في الهند وجنوب الصين والهند الصينية وجزر الفلبين . ويختلف مناخ هذا الاقليم عن غيره من أنواع المناخ المدارى الأخرى ، في أن نظام الرياح التجارية يطرأ عليه بعض التغير في هذا الاقليم ، بسبب تغير أحوال الضغط الجوى فوق اليابس الآسيوى العظيم الاتساع . ففي فصل الشتاء تكون هذه القارة مركزا لضغط مرتفع تهب منه الرياح الموسمية الشتوية نحو سواحل القارة الشرقية والجنوبية . أما في فصل الصيف فانها تصبح مركزا لضغط منخفض عميق يجذب اليه الرياح الموسمية الصيفية من المحيط الهندى والمحيط الهادى .

ومما لاشك فيه أن التضاريس وأشكالها واتجاهات امتدادها ، تؤثر تأثيرا كبيرا في كمية الأمطار الساقطة . فحينما تهب الرياح الموسمية من البحر ، فانها تصطدم بالمرتفعات المتلخمة للساحل، ومن ثم تضطر للصعود، فتبرد ، وتسقط حمولتها من المياه الغزيرة ، وتشتد غزارة الأمطار بصفة خاصة على السواحل المرتفعة التى تهب عليها عمودية ، كما هى الحال على المنحدرات الغربية لجبال «الغات» الغربية في غربى الهند وعلى المنحدرات الغربية لجبال «بورما» والملايو .

وقد سبق أن ذكرنا أن بعض أراضى آسيا التى تدخل في نطاق هذا الاقليم الموسمي المدارى ، يصيبها المطر الشتوى أيضا ، كما هى الحال في الجزء الجنوبي الشرقى من شبه جزيرة الهند ، وفي جزيرة سيلان ، وساحل فيتنام وجزر الفلبين . إذ أن الرياح الموسمية الشمالية الشرقية التى تخرج من قلب القارة في فصل الشتاء ، تسقط الكثير من المطر فوق تلك الجهات ، لأنها تتحمل بالرطوبة التى تلتقطها أثناء عبورها للمسطحات المائية الدافئة قبل هبوبها على تلك المناطق .

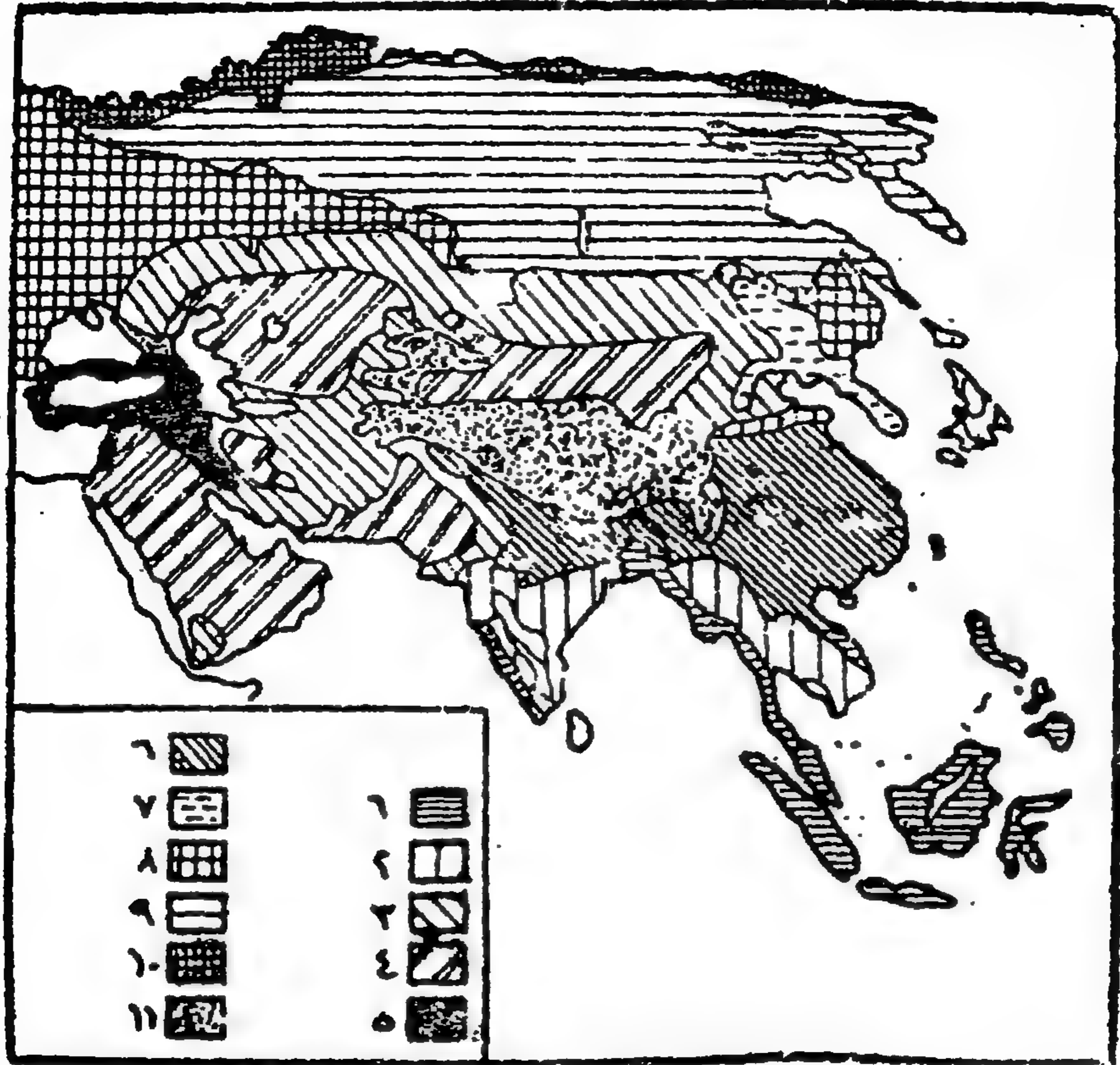
هذا ويمكننا أن نميز ثلاثة فصول في الاقليم الموسمي المدارى هي :

أ - فصل بارد نوعا : وهو قليل المطر ، ويبدأ في شهر نوفمبر ، وينتهى في أواخر شهر فبراير .

ب - فصل حار : وهو عديم المطر ، ويمتد من فبراير الى منتصف شهر يونيو .

ج - فصل مطير : ويمتد من منتصف شهر يونيو الى أواخر شهر أكتوبر، وفيه تطف الأمطار لحوال الجو، وتنخفض درجات الحرارة عموما .

هذا ويلاحظ أن أراضي هذا الاقليم التي يقل فيها سقوط الأمطار تشتد حرارتها ، لأنها تفتقد عنصر المطر الغزير الملطف للحرارة ، ولهذا يعظم المدى الحراري في سهول البنجاب ، بينما يضمحل في الجهات الرطبة ، وفي الأراضي التي تقع تحت تأثير البحر .



شكل رقم (١٠٢) آسيا : الاقاليم المناخية

- |                               |   |                                    |    |
|-------------------------------|---|------------------------------------|----|
|                               |   | اقليم مناخ                         |    |
| المناخات<br>المعتدلة الرطبة   | } | ١ - الغابات المدارية المطيرة .     | ١  |
|                               |   | ٢ - الاستبس المداري .              | ٢  |
|                               |   | ٣ - السافانا المدارية .            | ٣  |
| المناخات الجافة               | } | ٤ - الجفاف .                       | ٤  |
|                               |   | ٥ - البحر المتوسط .                | ٥  |
|                               |   | ٦ - شبه المداري الرطب .            | ٦  |
| المناخات<br>الباردة<br>الرطبة | } | ٧ - القاري الرطب ذو الصيف الدافئ . | ٧  |
|                               |   | ٨ - القاري الرطب ذو الصيف البارد . | ٨  |
|                               |   | ٩ - شبه القطبي .                   | ٩  |
|                               |   | ١٠ - التندرا (المناخ القطبي) .     | ١٠ |
|                               |   | ١١ - الجبال .                      | ١١ |



ويتميز هذا الاقليم الموسمي بتعرضه لذبذبات كبيرة من كمية الأمطار الساقطة ، وفي طول الفصل المطير من عام لآخر ، اذ يحدث أن تقل الأمطار الساقطة في سنة من السنين ، فتؤدي الى نقص الغلات الزراعية ، وبالتالي الى قحط ، فتنتشر المجاعات ، كما حدث ويحدث في الصين والهند ، كما أن سقوط الأمطار بغزارة يترتب عليه تكوين سيول جارفة ، وفيضانات نهرية عارمة ، تهلك الحرث والنسل .

ولما كانت الأمطار تسقط غزيرة ، فانها تتسبب في تكوين سيول جارفة ، يصعب معها اقامة السدود لخرن المياه ، والاستفادة منها في أغراض الري والزراعة ، ولهذا فاننا نجد أن كميات عظيمة من المياه تضيع هباء دون أن يتمكن السكان من الاستفادة منها ، ففي منطقة شيرابونجي في اقليم أسام على سبيل المثال ، تسقط كميات من الأمطار معدلها في اليوم الواحد بين ٨٠ و ٩٠ سنتيمترا ، ويترتب على هطول الأمطار بهذه الغزارة أضرار أخرى ، اذ تنجرف التربات ، فتعري الأرض ، وتفقد خصوبتها .

### ٣ - اقليم المناخ الصيني :

ويسمى أيضا باقليم السواحل الشرقية المعتدل الدافئ ، أو بالاقليم الموسمي المعتدل الدافئ . ويتمثل هذا النوع المناخي على الخصوص في أجزاء واسعة من جنوب الصين وشرقها . ويدخل هذا القسم من شرق آسيا ضمن نطاق الاقليم الموسمي ، ولكنه يختلف عن المناخ الموسمي في الهند وجنوب الصين في أن شتاءه بارد .

ويرجع سقوط المطر هنا في فصل الصيف ، إلى تركيز نطاق الضغط المنخفض فوق قلب آسيا الذي يجذب اليه الرياح الموسمية المحيطية المطيرة . وبينما يحمي نطاق المرتفعات والهضاب الوسطى أراضي الهند من تأثير الرياح الموسمية الشتوية التي تهب من نطاق الضغط المرتفع القاري في فصل الشتاء ، تفقد الصين مثل هذه الحماية ، ولهذا تنخفض درجات الحرارة في أراضي هذا الاقليم في فصل الشتاء الى الصفر أحيانا ، يسقط الثلج أيضا في هذا الفصل .

ويميز هذا الاقليم أن المدى الحراري السنوي فيه كبير ، اذ يصل أحيانا الى نحو ٢١°م. ويرجع ازدياد هذا المدى على الخصوص الى برودة الشتاء . هذا ويمكن اتخاذ نهر «اليانجتسي» بمثابة حد فاصل بين الأراضي التي تتميز بمناخ الاقليم الموسمي المعتدل البارد ، والتي تقع في شماله ، حيث تشتد البرودة في فصل الشتاء ، وتنخفض الحرارة الى مادون الصفر ، وبين



الأراضى التى تقع فى جنوبه ، والتى تتميز بالمناخ الصينى المعتدل الدافئ ،  
الذى لا تنخفض فيه درجات الحرارة بحيث تصل الى الصفر .

#### ٤ - اقليم مناخ شمال الصين ومنشوريا :

ويسمى أيضا بمناخ الساحل الشرقى المعتدل البارد ، أو المناخ الموسمى  
المعتدل البارد ، ويسود على الخصوص فى شمال الصين وأراضى كوريا  
ومنشوريا .

وتتأثر هذه الأراضى فى فصل الصيف بالرياح الموسمية التى تهب عليها  
من المحيط يجذبها نطاق الضغط المنخفض الذى يتركز فى هذا الفصل فوق  
قارة آسيا ، فتسقط عليها الأمطار الغزيرة . أما فى فصل الشتاء فيتعرض  
هذا الاقليم لهبوب الرياح الموسمية الشتوية التى تهب عليه من داخلية  
القارة ، وهى رياح جافة وقارسة البرودة . فهذا الاقليم اذن معتدل الحرارة  
ومطير فى فصل الصيف ، وبارد فى فصل الشتاء .

وعلى الرغم من أن اليابان تدخل أيضا ضمن هذا النوع من المناخ ،  
فإنها تتلقى كميات من الأمطار فى فصل الشتاء ، وذلك نظرا لأن الرياح  
الموسمية الشتوية تمر على بحر اليابان ، فتحمل الرطوبة التى تسقطها  
مطرا على اليابان ، لذا فهى تختلف عن أراضى شمال الصين ومنشوريا  
وكوريا بأمطارها الشتوية .

#### ٥ - اقليم البحر المتوسط :

يتمثل مناخ البحر المتوسط فى آسيا حول سواحل آسيا الصغرى وكوريا  
ولبنان وفلسطين . ومناخ البحر المتوسط يسمى أيضا بمناخ سواحل غرب  
القارات ، اذ أنه يسود عادة فى الجوانب الغربية من كتل اليابس فى نفس  
العروض تقريبا التى يتمثل فيها مناخ الصين فى شرق القارات .

وأهم ما يميز هذا النوع المناخى ما يأتى :

##### أولا - من ناحية الحرارة :

ترتفع درجة الحرارة فى جميع أنحاء فى فصل الصيف، بحيث لا ينخفض  
متوسطها فى أى شهر من هذا الفصل عن ١٨°م . أما الشتاء فدافئ ، اذ  
لا تنخفض متوسطات درجات الحرارة فى أى شهر من شهور الشتاء عادة  
عن ٦ مئوية .

##### ثانيا - من ناحية المطر :

تسقط الأمطار فى النصف الشتوى من السنة ، أما فصل الصيف فهو

جاف ، وتبدو السماء دائما صافية ، خصوصا في فصل الصيف حيث لا نجد سحبا تحجب ضوء الشمس ، وتهب على اراضى هذا الاقليم الرياح الغربية في فصل الشتاء ، وهذه الرياح تصحب معها الأعاصير من المحيط الأطلسي ، كما أن بعض الأعاصير يتكون محليا في البحر المتوسط . والمطر معظمه اعصارى ، كما تسقط الأمطار أيضا على السواحل المرتفعة التي تصطدم بها الرياح الرطبة الآتية من البحر .

وتتناقص كمية الأمطار الساقطة كلما اتجهنا من الساحل نحو الداخل أى صوب الشرق . أما في فصل الصيف فإن هذا الاقليم يدخل ضمن نطاق الرياح التجارية الجافة ، التي تهب عليه من داخلية القارة أى من اليابس ، كما أنها تأتي من مناطق أبرد من منطقة البحر المتوسط التي تهب عليها ، وهذا يساعد على خفض رطوبتها النسبة ويجعلها شديدة الجفاف .

#### ٦ - اقليم مناخ الصحارى الحارة :

يتمثل هذا النوع من المناخ في مناطق شاسعة في القسم الجنوبي الغربى من قارة آسيا ، تلك المناطق التي تقع حول مدار السرطان . وهذه الأراضى بموقعها هذا تخرج عن نطاق المؤثرات الموسمية ، وتأثيرات مناخ البحر المتوسط .

ويتميز هذا النوع من المناخ بالتطرف الشديد في درجات الحرارة . ففي اثناء النهار تهب الشمس الأرض بأشعتها ، فتشتد الحرارة ويعظم القيظ ، وفي الليل يحدث الاشعاع السريع للحرارة نظر لصفاء الجو وخلو السماء من الغيوم ، ولهذا يكون الليل باردا ، ومن ثم يعظم المدى الحرارى اليومى والفصلى أيضا .

وتتميز اراضى هذا الاقليم بالجفاف الشديد ، لأنها تقع في مهب الرياح التجارية الشمالية الشرقية التي تسقط أمطارها على اراضى شرقى القارة ، وحينما تصلها تكون قد سلبت من كل رطوبتها ، وهكذا تصبح جافة ، اضافة الى أنها صحارى مدارية تقع في نطاق الهواء الهابط .

#### ٧ - اقليم مناخ الصحارى المعتدلة :

ويسمى أيضا اقليم مناخ صحارى العروض الوسطى . ويتمثل هذا النوع من المناخ في نطاق عظيم يمتد من سوريا في الغرب عبر الأردن والعراق وايران وهضاب آسيا حتى مرتفعات خنجان في الشرق .

ويعتبر امتداد السلاسل الجبلية واحاطتها لتلك الاصقاع عاملا هاما ،

أدى إلى عزلها ، وإلى اعتقة المؤثرات المناخية المحيطية من الوصول إليها .  
وتتفق الصحارى المعتدلة مع الصحارى الحارة في عظم المدى الحرارى  
اليومى والسنوى ، وفي قلة الأمطار . وبعض هذه الصحارى يبدو في صورة  
أحواض منعزلة محصورة بين السلاسل الجبلية ، ومثلها حوض نهر تاريم .  
وقد ساعدت المياه التى تنحدر على جوانب المرتفعات على تكوين مجارى  
مائية ذات تصريف داخلى ، فنشأت حولها الواحات .

ويتركز على هذه الصحارى نطاق من الضغط المرتفع في فصل الشتاء ،  
تخرج منه الرياح الباردة الجافة ، أما في الصيف تصبح هذه الصحارى مركزا  
لضغط منخفض يجذب إليه الرياح التى تملأ عادة جافة إلا من مطر قليل .

ويتصل مناخ صحارى العروض الوسطى الآسيوية اتصالا واضحا بمناخ  
الأراضي المحيطة به ، لهذا نجد أن موسم سقوط المطر يختلف من مكان  
لآخر ، تبعا لاختلاف موسم سقوط الأمطار في الأقاليم المناخية المجاورة .  
ففى صحارى غربى آسيا في سوريا والعراق وإيران ، يسقط معظم المطر  
الليل في فصل الشتاء ، وذلك لأن هذه الصحارى تتأثر بأعاصير الرياح  
الغربية التى يكثر ورودها في هذا الفصل من السنة ، أما الأمطار القليلة  
التي تسقط فوق صحراء جوبى وصحراء «تكلامكان» فتسقط في فصل  
الصيف ، وذلك بسبب تأثير هذه الصحارى بالنوع المناخى السائد في إقليم  
حشائش العروض الوسطى إلى الغرب منها .

#### ٨ - إقليم المناخ المعتدل البارد (مناخ حشائش العروض الوسطى) :

ويتمثل هذا النوع من المناخ في أراضي غرب سيبيريا ، وفي مناطق  
الحشائش بمنغوليا . ونظرا لتطرف موقع تلك الأراضي ، وبعدها عن البحار .  
نجدها تعاني من التطرف المناخى الشديد ، ويميزها أيضا انخفاض كمية  
الرطوبة في هوائها ، وقلة الأمطار نسبيا .

وتنخفض المعدلات الحرارية في كثير من أشهر الشتاء إلى مادون درجة  
التجمد ، لهذا يتصف هذا الإقليم بشتاء طويل قارس البرودة ، أما الصيف  
القصير فترتفع فيه درجات الحرارة التى قد تصل إلى نحو ٢٠°م . ويترتب  
على انخفاض درجات الحرارة في فصل الشتاء تجمد المياه في الأنهار .  
وتسقط الأمطار غالبا في النصف الصيفى من السنة ، أى في فصلى الربيع  
والصيف ، وتتراوح كمية الأمطار الساقطة بين ٢٠ و ٦٠ سم .

#### ٩ - إقليم المناخ القارى البارد :

يتمثل هذا النوع من المناخ في نطاق عريض عبر الأراضي الشمالية  
المنخفضة من قارة آسيا .

وتسود أراضي هذا الاقليم برودة شديدة جدا في فصل الشتاء الطويل ،  
يترتب عليها تكوين نطاق من الضغط المرتفع ، يمنع وصول المؤثرات  
البحرية اليه ، سواء من الغرب وهى المؤثرات التى تأتى بها الرياح الغربية  
من المحيط الأطلسى ، أو من الشرق حيث لا تستطيع الرياح المحيطية الرطبة  
أن تنفذ اليها . وتنخفض درجات الحرارة في فصل الشتاء الى مادون درجة  
التجمد بكثير ، خاصة في الأجزاء المتطرفة الموقع من هذا الاقليم ، ففي  
سيبيريا ينخفض المعدل الشهري للحرارة في فصل الشتاء في بعض المناطق  
الى نحو خمسين درجة مئوية تحت الصفر ، كما هى الحال في منطقة  
فرخويانسك التى يطلق عليها اسم «قطب البرودة» .

وصيف هذا الاقليم قصير لكنه معتدل نوعا ، اذ يصل متوسط درجة  
الحرارة في شهر يوليو نحو ٤° مئوية ، وأحيانا يصل الى ٦° مئوية أو أكثر .  
وأماطار هذا الاقليم قليلة لالتزيد غالبا على ٤٠ سم . وهى تتناقص  
بالتدريج كلما اتجهنا شرقا ، ويسقط معظمها في فصل الصيف ، أما التساقط  
في فصل الشتاء الطويل فيكون على هيئة ثلج .

#### ١٠ - اقليم التندرا :

يمتد هذا الاقليم على السواحل الشمالية من قارة آسيا . والشتاء في  
أراضي هذا الاقليم طويل جدا . وهو قارس البرودة ، وتغطي الثلوج الأرض ،  
كما تتجمد التربة الى عمق كبير . أما الصيف فقصر جدا ، ولكنه بارد نوعا ،  
وعلى الرغم من أن الشمس في وسطه تشرق دائما ، إلا أنها لا ترتفع كثيرا  
فوق خط الأفق ، وفي هذا الفصل تذوب الثلوج من فوق الأرض ، ولكن  
التربة تبقى متجمدة ، اذ أن حرارة الصيف هنا من الضعف بحيث لا تستطيع  
أن تؤثر في ذوبان التربة المتجمدة . وحين يذوب الجليد تتحول مساحات  
واسعة من الأراضي الى مستنقعات ، لا تلبث أن تتحول الى جليد حين قدومه  
فصل الشتاء الشديد البرودة .

وفي أقصى شمال القارة ، وفي الجزر التابعة لها ، تبقى الأراضي مغطاة  
بالجليد طوال السنة . فهنا لا ترتفع الحرارة عن درجة الصفر المئوى في أى  
شهر من شهور السنة ، ويطلق على هذا الجزء ، نطاق الجليد الدائم .



## الفصل السابع عشر

### المناخ والأقاليم المناخية بقارة أفريقيا

- العوامل المؤثرة في مناخ افريقيا .
- الحرارة صيفا وشتاء .
- الضغط والرياح صيفا وشتاء .
- نظام سقوط المطر وكميته .
- الأقاليم المناخية :
- أولا : المناخات الحارة :  
المناخ الاستوائي ، المناخ الاستوائي فوق المرتفعات ، المناخات المدارية البحرية ، المناخات المدارية القارية ، المناخات المدارية فوق المرتفعات ، المناخ الموسمي القاري المداري .
- ثانيا : المناخات المعتدلة الدفيئة :  
مناخ البحر المتوسط ، مناخ الهامش الشرقي المعتدل الدفيء .
- ثالثا : المناخات الصحراوية .



## العوامل المؤثرة في مناخ أفريقيا :

تمتد أفريقيا بين دائرتي عرض ٣٧° شمالا و ٣٥° جنوبا ، وتمتد دائرة الاستواء بوسطها . وكان لهذا وذاك أثره في أحوالها المناخية . فاشعة الشمس تتعامد على أجزاء كثيرة من القارة في رحلتها شمالا إلى مدار السرطان ، وجنوبا إلى مدار الجدي ، وبالتالي فانها تتعامد مرتين على أراضي القارة الواقعة بين المدارين ، مما يسبب ارتفاعا عظيما في الحرارة ، وازديادا كبيرا في درجات التبخر من المسطحات المائية ، ومن النباتات ومن التربة .

ودرجات الحرارة متناسقة في النطاق الاستوائي الأفريقي ، نظرا لتساوي طول الليل والنهار معظم السنة ، وبالتالي فهناك تناسق في فترة سطوع الشمس ، واكتساب الأرض والجو القريب منها للحرارة . بينما تزداد الحرارة صيفا كلما بعدنا عن النطاق الاستوائي ، وذلك لطول النهار ، وبالتالي فترة سطوع الشمس ، وقصر الليل ، وتبعاً لذلك فإن المدى الحراري اليومي والفصلي يزداد كلما بعدنا عن دائرة الاستواء شمالا أو جنوبا .

هذا ويلاحظ أن النصف الجنوبي من القارة أقل اتساعا ، وأكثر ارتفاعا من النصف الشمالي ، لذلك كانت أحواله المناخية العامة أكثر اعتدالا ، بعكس نصفها الشمالي الذي يتميز بالتطرف والجفاف... وقد كان لا ستقامة سواحل القارة ، وقلة تعاريجها ، وندرة خلجانها ، وعدم بروز أشباه جزر منها ، وبالتالي عدم وجود بحار داخلية ، أثره في قلة تأثير العامل البحري على مناخ القارة . وتمر بالسواحل الشرقية للقارة تيارات بحرية دفيئة تزيد من درجة حرارتها ورطوبتها ، بينما تمر بالسواحل الغربية تيارات باردة ، فتتبارك كناريا البارد يمر بالنصف الشمالي من تلك السواحل ، وتيار بنجويلا بالنصف الجنوبي . وهما يخفضان من درجات الحرارة ، كما يسببان الجفاف في تلك السواحل وظهرها .

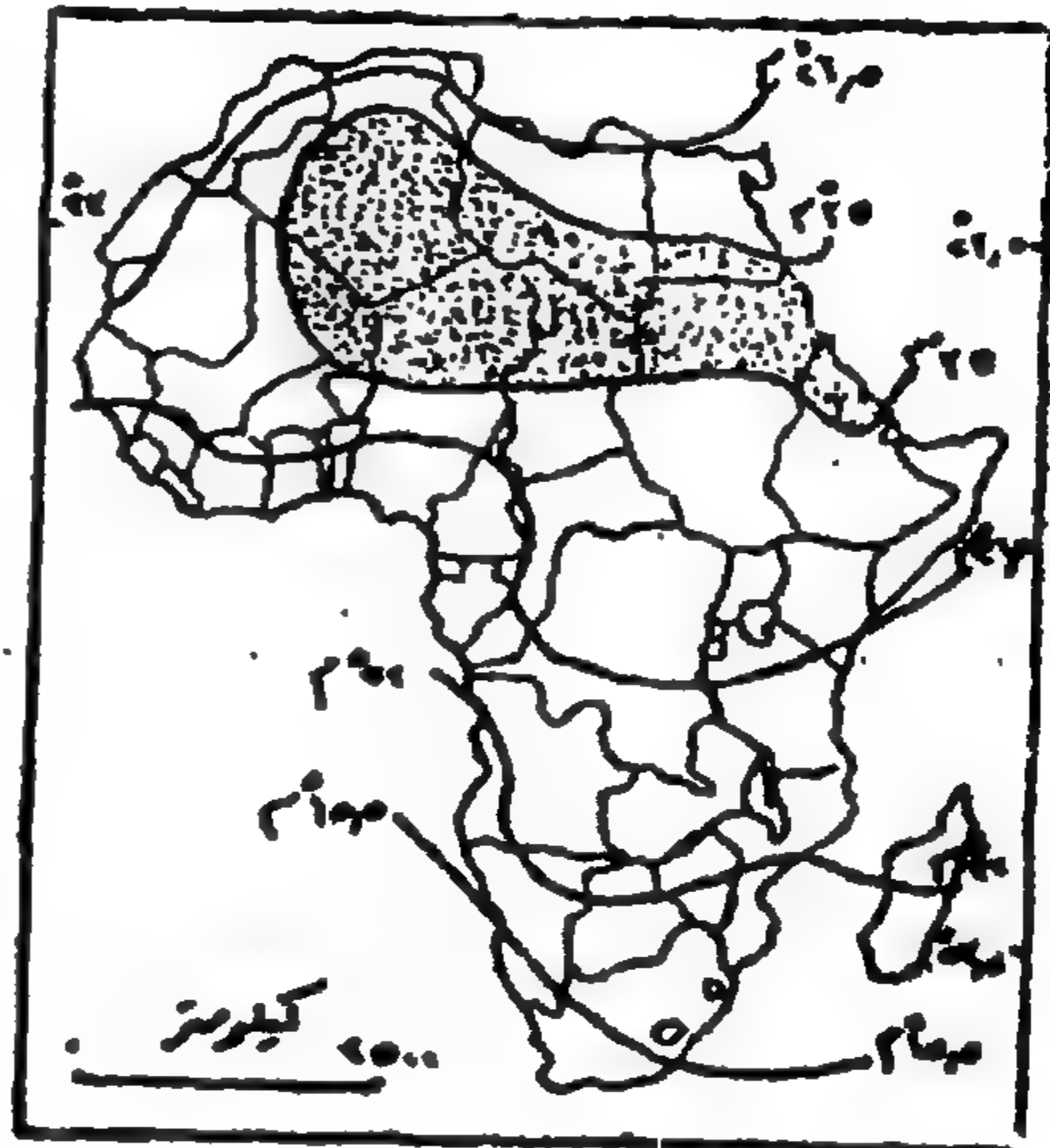
## الحرارة :

أفريقيا هي أحر قارات العالم للأسباب التي ذكرناها . وحينما ننظر إلى خريطة لخطوط الحرارة المتساوية في الصيف ، نلاحظ أن خط الحرارة

٢٥°م لشهر يوليو مغلق على الصحراء الكبرى الأفريقية . بينما يكون خط ٣٠°م دائرة ناقصة تحيط بالنصف الشمالي للقارة . وهي منطقة متممة في حرارتها لوسط آسيا وجنوب غربها . وهي تضم أكثر جهات القارة حرارة في يوليو ، وذلك بسبب تعامد الشمس على مدار السرطان ، وطبيعة اليابس ، وتساوعه وانخفاض منسوبه ، وبعده عن البحار ، وندرة الغطاء النباتي . وتلاحظ أن خط الحرارة ٢٢°م في جنوبي القارة يتقوس وينحني كثيرا نحو الشمال ، أي صوب دائرة الاستواء ، بجوار الساحل الغربي ، وذلك بسبب أثر تيار بنجويلا البارد . كما يتقوس جهة الجنوب قرب الساحل الشرقي بسبب تأثير تيار موزمبيق الدافئ .



شكل (١٠٤) خطوط الحرارة المتساوية في شهر يناير



شكل (١٠٣) خطوط الحرارة المتساوية في شهر يوليو

هذا في فصل الصيف ، أما في فصل الشتاء (يناير) ، فإن خط الحرارة ٣٥°م يختفى . ويكون خط الحرارة ٢٢°م شكلا بيضاويا فوق هضبة أفريقيا الجنوبية (الصيف الجنوبي) ، ولا نجد لهذا الخط نظيرا أو امتدادا على مياه المحيطات المجاورة ، وذلك نظرا لشدة حرارة اليابس الجنوبي عن الماء في هذا الفصل ، والخط يمتد بين دائرتي عرض ١٠ - ٢٠° جنوبا تقريبا . وينحني خط الحرارة ٢١°م في نصف القارة الجنوبي نحو الشمال ، أي نحو خط الاستواء ، وذلك قرب الساحل الغربي ، بسبب أثر تيار بنجويلا البارد ، ثم ينحني جنوبا بتأثير سيادة اليابس ، وكذلك على الساحل الشرقي بتأثير تيار موزمبيق الدافئ . أما في نصف أفريقيا الشمالي ، فإننا نجد هذا الخط (٢١°م) ينحني نحو الجنوب (نحو دائرة الاستواء)



عند الساحل الغربى بتأثير من تيار بنجويلا البارد ، ثم ينحنى شمالا بتأثير اليابس ، ثم بتأثير البحر الأحمر .

### الضغط والرياح :

فى فصل الصيف تتعامد الشمس فوق النصف الشمالى من أفريقيا . فتتركز منطقة للضغط المنخفض فى شمال شرقى القارة ، تكون على اتصال بمنطقة الضغط المنخفض الآسيوى التى تمتد من الهند الى شبه جزيرة العرب ، وكثيرا ما تتصل هذه وتلك بنطاق الضغط المنخفض الدائم فوق النطاق الاستوائى ، وبالتالي يرابض على كل اراضى القارة شمالى خط الاستواء غطاء هائل من الضغط المنخفض . ويتركز على منطقة الأزور فى المحيط الأطلسى فى شمال غربى القارة ضغط مرتفع ، ويمتد منه لسان يغطى البحر المتوسط . أما ارض القارة جنوبى دائرة الاستواء ، فيسيطر عليها ضغط مرتفع ، يلتحم بمنطقتين للضغط المرتفع فوق المحيطين الهندى والأطلسى .

وبسبب توزيعات الضغط هذه تهب على شمال القارة من منطقة الضغط المرتفع الأزورى وامتدادها فوق البحر المتوسط رياح تجارية شمالية فى الغالب أو شمالية غربية على الجز الشمالى من أفريقيا حتى السودان ، وهى جافة وتلطف من درجة حرارة الشمال ، لكنها كلما توغلت جنوبا ازدادت درجة حرارتها ، وبالتالي ازدادت مقدرتها على حمل بخار الماء ، وهى لذلك جافة ، وهى تساعد السفن الشراعية على السير فى نهر النيل ضد تياره جنوبا .

ومن منطقتى الضغط المرتفع على المحيطين الهندى والأطلسى تهب رياح موسمية جنوبية غربية على ارض أفريقيا الواقعة بين دائرة الاستواء ودائرة ١٨° شمالا . والرياح أصلها تجارية جنوبية شرقية فى جنوب دائرة الاستواء ، وحينما تعبر الاستواء تغير اتجاهها تبعا لقانون فرل ، وتصبح جنوبية غربية . وهى تمطر بغزارة على حوض الكونغو ، وساحل غانة ، لأن مرتفعاته تتعامد عليها ، كما تمقط الأمطار على السودان والحبشة .

وتهب الرياح التجارية الجنوبية الشرقية على جنوبى القارة فيما بين ٣٠° جنوبا وخط الاستواء ، وتسقط مطرا على مدغشقر ، والساحل الشرقى جنوبى خط الاستواء . أما الساحل الشرقى لأفريقيا ، شمالى خط الاستواء حتى دائرة عرض ٨° شمالا ، وهو ساحل الصومال ، فهو جاف ، لأن الرياح تسير بحذاء الساحل غير متعامدة عليه ، ولهذا تكونت صحراء

الصومال ، ويلاحظ أن أمطار جنوب القارة تقل كلما اتجهنا غربا . وتهب على أقصى جنوب القارة رياح عكسية شمالية غربية مطيرة ، ويقل المطر في هذا الجزء بالاتجاه نحو الشرق .



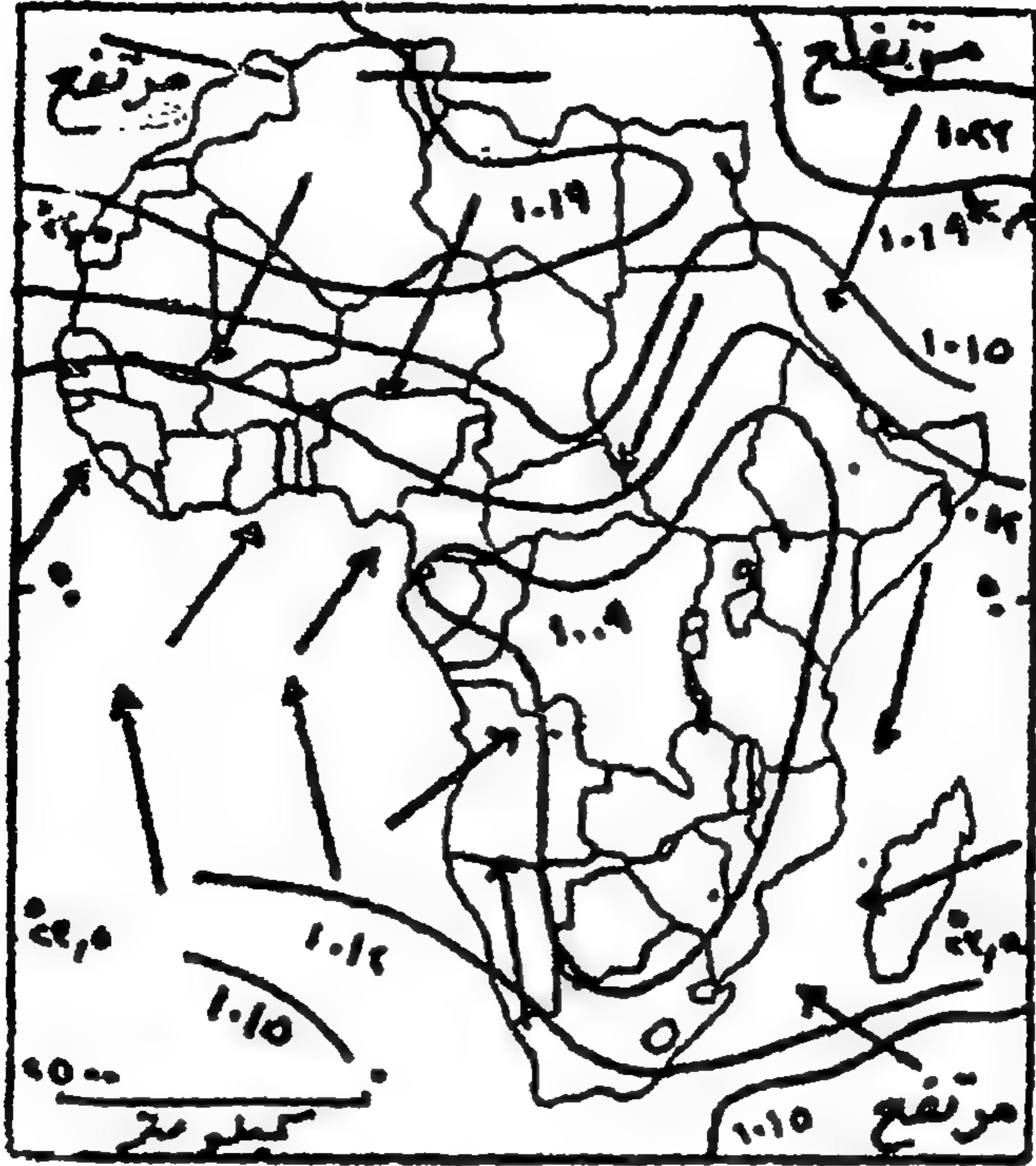
شكل (١٠٦) الرياح شتاء

شكل (١٠٥) الرياح صيفا

أما في الشتاء (شهر يناير) فإن الشمس تتعامد على نصف أفريقيا الجنوبي ، فيتكون على يابس القارة في نصفها الشمالي ضغط مرتفع نظرا لبرودته النسبية ، ويتصل هذا النطاق غربا بالضغط المرتفع الأزوري ، وشرقا بالضغط المرتفع الآسيوي . ويصبح البحر المتوسط بذلك عبارة عن نطاق من الضغط المنخفض النسبي تحيط به نطاقات من الضغط المرتفع (في الشمال ضغط مرتفع فوق أوروبا) . ويصبح يابس نصف أفريقيا الجنوبي مركزا لضغط منخفض بسبب حرارته ، بينما تجاوره شرقا وغربا منطقتا ضغط مرتفع مداري على المحيطين الهندي والأطلسي .

وبسبب توزيعات الضغط هذه ، تهب من الضغط المرتفع الأزوري رياح عكسية جنوبية غربية على إقليم البحر المتوسط في ساحل أفريقيا الشمالي ، مصحوبة بأعاصير ممطرة ، والأمطار في الغرب والشمال أغزر منها في الشرق وكلما اتجهنا من الساحل جنوبا . أما على الصحراء الكبرى فالرياح الهابة تكون شمالية شرقية جافة . وتهب على جنوبى القارة من منطقة الضغط المرتفع على المحيط الهندي رياح تجارية جنوبية شرقية ممطرة ، تسقط المطر على مدغشقر ، والساحل الشرقى لأفريقيا جنوبى خط الاستواء ، ويقل مطرها كلما سارت غربا حتى تصل جافة الى صحراء كلهارى . ويلاحظ

ان الرياح تسير بحذاء ساحل افريقيا الغربى جنوبى دائرة الاستواء ، لهذا  
فهى لا تسقط عليه مطرا .



شكل رقم (١٠٧) الضغط والرياح من نوفمبر الى ابريل

#### نظام المطر وكميته :

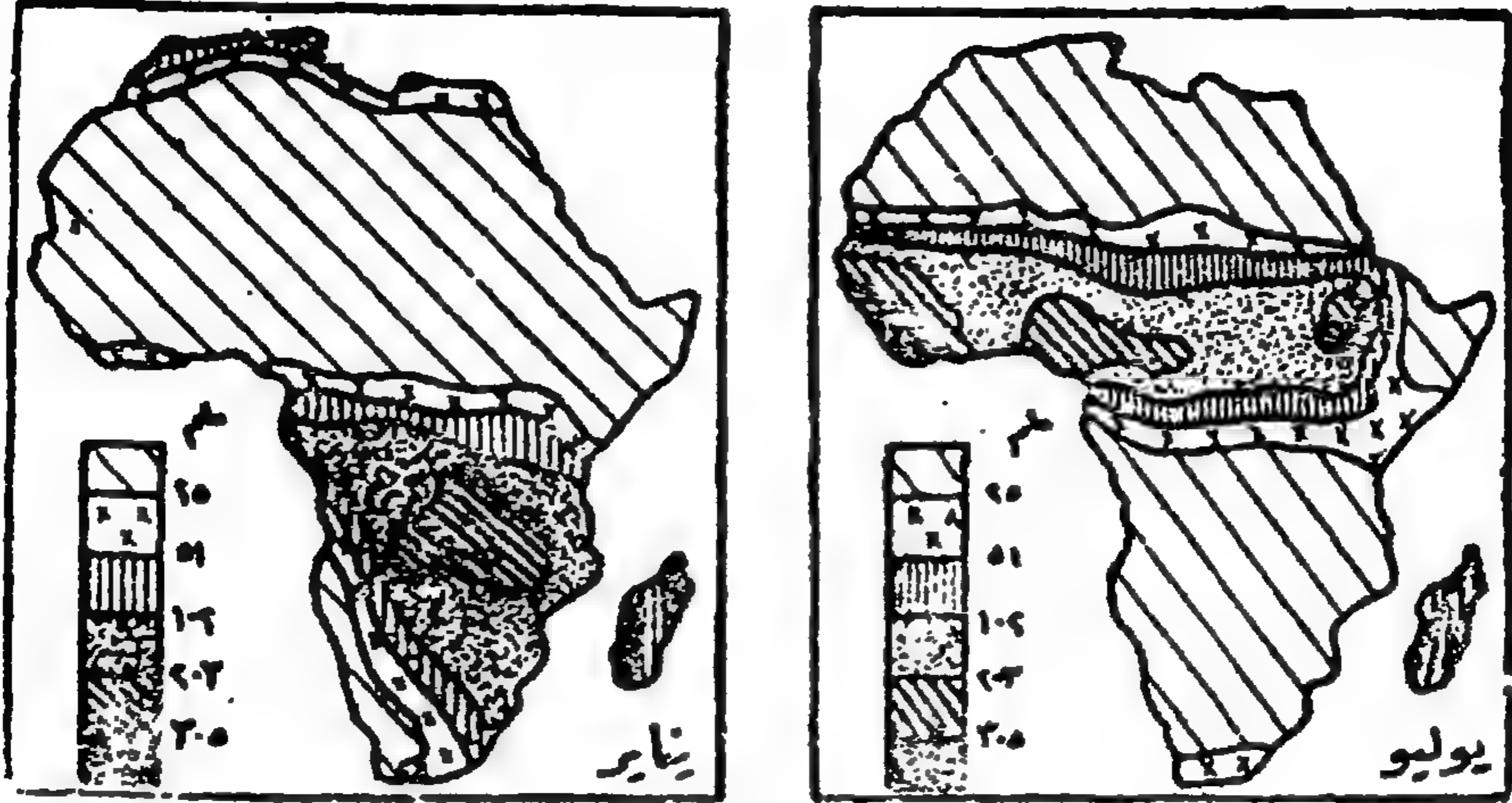
يسود نظام المطر الاستوائى فى افريقيا عموما فوق الجهات التى تقع على جانبى دائرة الاستواء بنحو خمس درجات عرضية . وسبب المطر راجع الى كثرة التبخر ، والتيارات الهوائية الصاعدة المشبعة ببخار الماء ، وكثرة الزوابع المرعدة . وهو يسقط طول العام . ويغزر فى الاعتدالين ( فى فصل الربيع والخريف ) نظرا لتعامد الشمس فوق النطاق الاستوائى ، وما يترتب على ذلك من كثرة التبخر ، بينما يقل بطبيعة الحال فى الانقلابين ( الصيف والشتاء ) .

ويشيع هذا النظام فى حوض الكنگو وهضبة البحيرات الاستوائية ، وتزيد كمية المطر السنوية على ١٥٠ سم ( ٦٠ بوصة ) . والمطر فى حوض الكنگو اغزر من هضبة البحيرات ، ويقل المطر نوعا فى شرقى هضبة البحيرات ، فتصبح كميته حوالى ١٠٠ سم ( ٤٠ بوصة ) . كما تتميز بهذا



النظام أيضا سواحل غانة ، حيث تهب الرياح الموسمية الجنوبية الغربية متعاونة مع التيارات الهوائية الصاعدة في اسقاط أمطار تبلغ كميتها السنوية أكثر من ١٠٠ سم (٤٠ بوصة) .

ويسود السهل الساحلى في شرق أفريقيا بين درجتى عرض صفر و ٢٠° جنوبا نظام استوائى للمطر أيضا ، حيث التبخر اليومى والتيارات الصاعدة بالاضافة الى أمطار الرياح التجارية الجنوبية الشرقية على حافة الهضبة . وكمية المطر أكثر من ١٠٠ سم (٤٠ بوصة) . وتمثل هذا النظام محطات أرصاد عدة مثل أكاسا ، ولاجوس ، وممباسا .



شكل رقم (١٠٨) المتوسط السنوى للتساقط

أما النظام دون الاستوائى فيسود الأراضى الأفريقية فيما بين درجتى عرض ٥° - ٨° شمالا وجنوبا . وهنا تقل كمية المطر عن النظام السابق كما يقصر فصل سقوطه ، فيصبح عشرة أشهر ، ويتميز ، كالنظام الاستوائى ، بـقمتين للمطر لكنهما هنا تقعان في أوائل الصيف وآخره . ويرجع سبب سقوط المطر الى الرياح التجارية الجنوبية الشرقية، والموسمية الجنوبية الغربية ، بالاضافة الى التيارات الهوائية الصاعدة .

ويسود النظام السودانى أراضى أفريقيا الواقعة بين دائرتى عرض ٨° - ١٨° شمالا وجنوبا . وتتحدد موسمية المطر هنا بفصل الصيف حين تتعامد الشمس ، وتشتد الحرارة . وتهب الرياح الموسمية الجنوبية الغربية على اقليم السودان الشمالى . وتبلغ كمية المطر السنوية حوالى ٥٠ سم (٢٠ بوصة) ، وتقل الكمية كلما بعدنا عن دائرة الاستواء حتى تصل الى ٢٥ سم (١٠ بوصة) في أطراف الأراضى المجاورة للصحراء .

أما النظام الموسمى فيشمل الحبشة ، وظهير ساحل غانة ، وسبب المطر



هبوب الرياح الموسمية الجنوبية الغربية في الصيف ، وتسبب التضاريس المرتفعة غزارة المطر ، وتبلغ كميته أكثر من ١٠٠ سم (٤٠ بوصة) .

ويسود نظام المطر المعروف بنظام جنوب الصين في المنطقة المتدلة الدفيئة التي تشمل الساحل الشرقي جنوب مدار الجدي ، ومطر، طول العم ، لكنه يزداد في الصيف ، وتهب عليه الرياح التجارية الجارية الشرقية ، ويقل المطر كلما بعدنا عن الساحل .

والى الغرب من نظم جنوب الصين يسود نظام الفلد ذو الأمطار الصيفية ، التي تقل كلما توجهنا غربا . وسبب المطر هبوب الرياح التجارية الجنوبية الشرقية .

أما النظام الصحراوي فيشمل الصحراء الكبرى في شمال أفريقيا ، وصحراء كلهاري في جنوبها ، ثم صحراء الصومال في شرقها . والأمطار فجائية ، ولا تزيد كميتها السنوية على ٢٥ سم (١٠ بوصة) . وسبب ندرة الأمطار ، وبالتالي تكوين هذه الصحاري ، أنها في نطاقات مدارية حيث الهواء الهابط ، وحيث تصلها الرياح التجارية جافة ، تلك الرياح التي تكون شمالية شرقية على الصحراء الكبرى ، وجنوبية شرقية على صحراء كلهاري . أما بالنسبة لصحراء الصومال فإن الرياح تهب موازية لساحلها سواء في الصيف ، وهي الرياح الجنوبية الغربية ، أم في الشتاء وهي الشمالية الشرقية .

ويشمل نظام البحر المتوسط ذو المطر الشتوي منطقتين . احدهما في شمال أفريقيا وهي منطقة أطلس ، والأخرى في جنوب غربى القارة . وسبب المطر الشتوي هبوب الرياح العكسية والأعاصير . أما جفاف الصيف فسببه هبوب الرياح التجارية الجافة .

هذا ويمكننا أن نلخص مواسم سقوط المطر وتوزيعها على القارة في النقاط التالية :

- ١ - جهات ممطرة طوال العام : وهي تشمل حوض الكونغو وساحل غانة والساحل الشرقي وهضبة البحيرات الاستوائية .
- ٢ - جهات ممطرة صيفا : وتشمل معظم السودان والحبشة وروديسيا .
- ٣ - جهات ممطرة شتاء : وهي الأطراف الشمالية والشمالية الغربية (اقليم أطلس) ، وأقصى جنوب غرب القارة .
- ٤ - جهات نادرة المطر : وهي الصحراء الكبرى ، وصحراء كلهاري وصحراء الصومال .

## الأقاليم المناخية :

محاولة تفهم المناخ وأثره على البيئات الجغرافية في العالم ، حدث بعلماء المناخ الى التقدم بعدد من التقسيمات المناخية ، كل منها له مثالب ومميزات خاصة . ويحسب التقسيمات المناخية لاوستن ميللر A. Miller تتمثل في أفريقيا سبعة أنماط منها هي :

أولا : المناخات الحارة ، لا تقل الحرارة في أى شهر من الشهور عن  $18^{\circ}\text{C}$  ف  $18^{\circ}\text{C}$  .

- ١ - المناخ الاستوائي ، ويتميز بقمطين للمطر .
- ٢ - المناخ المدارى البحرى ، لا يحوى موسم جفاف حقيقى .
- ٣ - المناخ المدارى القارى ، فصل الشتاء جاف .
- ٤ - المناخ المدارى القارى ، موسمى متنوع .

ثانيا : المناخات المعتدلة الدفيئة أو شبه المدارية ، لا تقل الحرارة في أى شهر من الشهور عن  $43^{\circ}\text{C}$  ف  $6^{\circ}\text{C}$  .

- ١ - مناخ الهامش الغربى (نوع البحر المتوسط) المطر شتوى .
- ٢ - مناخ الهامش الشرقى ، مطر منتظم أو متناسق .

ثالثا : المناخات الصحراوية ، المطر السنوى بالبوصة أقل من خمس المتوسط السنوى للحرارة بالدرجات الفهرنهايتية .

١ - الصحارى الحارة ، لا تقل الحرارة في أى شهر من شهور السنة عن  $43^{\circ}\text{C}$  ف  $6^{\circ}\text{C}$  .

وكل هذه الأنواع يمكن أن يتعدل بتأثير الارتفاع عن سطح البحر .  
ولاشك أن تقسيما عاما الى عدد قليل من الأنماط المناخية لا يعطى سوى صورة تقريبية عن الأحوال المناخية لرقعة كبيرة من الأرض كقارة أفريقيا .

## أولا : المناخات الحارة

### المناخ الاستوائي :

يسود نطاقا يمتد من ساحل تنجانيقا في الشرق عبر معظم حوض الكونغو ، وعلى امتداد ساحل خليج غينيا غربا حتى ليبيريا . ويزيد المتوسط الحرارى الشهرى على  $70^{\circ}\text{C}$  ف  $21^{\circ}\text{C}$  خلال شهور السنة جميعا لكن درجات الحرارة القصوى التى نجدها فى العروض المدارية لاتسجل هنا اطلاقا . ولا يزيد المدى الحرارى والسنوى على ثلاث درجات مئوية . (خمس

درجات فهرنهايتية) الا نادرا ، والمدى اليومي لا يزيد عادة على ٨°م (أو ١٥ درجة فهرنهايتية) . وتؤكد هذه الأرقام ، خصوصا السنوية منها ، حقيقة أن الاختلاف صغير في الحرارة بين كتلة هوائية وأخرى تالية لها في هذه العروض ، بينما يعكس الفرق الحراري اليومي الكبير نوعا تأثير الشمس على حرارة الجو ، وحقيقة أن سطوع الشمس اليومي ثابت تماما خلال السنة .

ويتميز المطر الاستوائي بقمطين سببهما هجرة الجبهة الحارة المدارية عبر النطاق شمالا عقب الاعتدال الربيعي (مارس) بقليل ، وجنوبا بعد الاعتدال الخريفي (سبتمبر) بفترة وجيزة . وبسبب الفروق الفصلية الصغيرة في الحرارة ، فإن الفصول يصير تمييزها بالرطوبة والجفاف ، بدلا من الحرارة والبرودة .

وفي كل مكان نجد أن أحد الفصلين الرطبين أكثر مطرا من الآخر ، ولهذا تتميز الأمطار «الأكثر» عن الأمطار «الأقل» وتطلق على كثير من الأسماء المحلية . فمتوسط أمطار مدينة عنابة (أو غندا) ٢٥ بوصة (٦٣سم) في الثلاثة شهور من مارس الى مايو ، بينما يهبط المتوسط الى ١٣ بوصة (٣٣ سم) فقط من أكتوبر الى ديسمبر . ويسقط على لانجوس (نيجيريا) ٣٩ بوصة (٩٨ سم) في موسم الأمطار الأكثر من مايو الى يوليو ، و١٦ بوصة (٤٠ سم) في الموسم الأقل مطرا من سبتمبر الى نوفمبر .

ويتساقط المطر في هيئة رخات انقلابية غزيرة من الهواء المداري البحري جنوب نطاق التقاء الهواء المداري ، وتتباين الكمية الكلية تبعا للظروف المحلية ، ومنها مقدار البعد عن البحر والاتجاه الذي منه يأتي الهواء الرطب . ولهذا فإن بلدا مثل دوالا Douala ، في خليج بيافرا ، تتلقى كمية من المطر مقدارها ١٥٩ بوصة (٣٩٨ سم) في السنة ، بينما مدينة ممباسا Mombasa (كينيا) ، رغم وقوعها على الساحل ، لا يصيبها سوى ٤٧ بوصة (١١٨ سم) سنويا ، ويسقط على معظم المدن الداخلية كمية سنوية تتراوح بين ٦٠ - ٧٠ بوصة (١٥٠ - ١٧٥ سم) .

### المناخ الاستوائي فوق المرتفعات :

ومن المناخ الاستوائي فرع متميز يتمثل فوق المرتفعات ويسمى «المناخ الاستوائي المعدل» أو «نوع المرتفعات» ، ويوجد على ارتفاع يتراوح بين ١٥٠٠ - ٣٠٠٠ متر فوق البحر . وهنا نجد الحرارة أقل ارتفاعا ، والمدى الحراري السنوي صغير جدا ، لكن المدى الحراري اليومي أكبر ، نظرا لأن تأثير الهواء الخفيف فوق المرتفعات يكون محدودا في الاشعاع السريع بالليل ، وفي الاشعاع الشمسي اثناء النهار .

ويبقى نظام سقوط المطر كما هو دون تغيير ، لكن إيجبالي المطر أقل نوعا . فكمية المطر الساقطة على نيروبي في كينيا (وارتفاعها ١٦٥٠ مترا أو ٥٤٩٥ قدم) تبلغ ٣٩ بوصة (٩٨ سم) سنويا ، مع قمتين للمطر في أبريل ونوفمبر ، ومتوسط حرارتها السنوية ١٧°م (٦٣°ف) ، ومتوسط حرارة أبرد الشهور ١٥°م (٥٩°ف) ، والآخر يمكن أن يخرج نيروبي من نوع المناخ الاستوائي ، لكن مع مدى حرارى سنوى مقداره ٣٥°م أو ٦°ف فقط ، فان المدينة تتصف بكل ميزات المناخ الاستوائي الأخرى ، وينبغى أن ينظر الى مناخها على أنه مناخ استوائى معدل بسبب الارتفاع .

ومهما يكن من شيء فان هذه التعديلات محدودة الاتساع في أفريقيا ، نظرا لأن قسما صغيرا من النطاق الاستوائى بها هو الذى يعلو ١٢٠٠ متر (٤٠٠٠ قدم) . وتعتبر مرتفعات كينيا أهم قسم فيه من الوجهة الاقتصادية . وتنبغى ملاحظة أن معظم كينيا وأوغندا وشمال تنجانيقا ، رغم أنها تتميز بنوع المناخ الاستوائى الحقيقى ، إلا أن درجات حرارتها أقل من الأراضى التى تتصف بمثالية المناخ الاستوائى قرب الساحل الغربى . مثال ذلك بلدة Entebbe (أوغندا - ارتفاعها ١١٥٥ مترا أو ٣٨٤٢ قدم) التى تسجل متوسطا لأبرد الشهور مقداره ٢٠°م (٦٩°ف) ، ومتوسطا سنويا مقدراه ٢١°م (٧٠°ف) ، وفي بلدة تابورا Tabora (في تنجانيقا ، الارتفاع ١٢٥٠ م أو ٤١٥١ قدم) ، يسجل أبرد الشهور درجة حرارة ٢١°م (٧٠°ف) ، أما المتوسط السنوى فيبلغ ٢٣°م (٧٣°ف) .

### المناخات المدارية البحرية :

تمتد من حوالى دائرة العرض ١٠° جنوبا في تنجانيقا الى دائرة العرض ٣٠° جنوبا في جنوب أفريقيا . وتغطى أيضا الجزء الشرقى من مدغشقر . ومعظم المطر يأتى من نطاق إلتقاء الهواء المدارى أثناء شهور الصيف ؛ أما في الشتاء فان هذه السواحل تتأثر برياح شرقية تاتى معها بكتل هوائية مدارية بحرية . ورغم أن هذا الهواء رطب ، إلا أنه دافئ نسبيا ، ويميل في العادة الى أن يصبح أكثر ثباتا واستقرارا حينما ينزل الى اليابس . لهذا فان المطر لا يسقط عادة ، إلا حينما تتدخل التضاريس وتمارس تأثيراتها . حينئذ ينشأ الضباب كما يتساقط الرذاذ على حضيض الخافة العظيمة على الخصوص ، لكن المطر الغزير نادر الحدوث .

وتماثل درجات الحرارة في النهاية الشمالية للنطاق ما تسجله المراصد في المناخات الاستوائية ، فمتوسط الحرارة السنوى في بلدة ليندى Lindi



(على دائرة عرض ١٠° جنوباً) يبلغ ٢٧°م (٨٠°ف)، بينما الفرق الحرارى السنوى ٣°م (٦°ف) فقط ، لكننا بالابتعاد عن دائرة الاستواء تنخفض درجات الحرارة ، ويرتفع المدى الحرارى ، حتى نصل الى مدينة دبريان على دائرة عرض ٣٠° جنوباً فنجد متوسطها الحرارى السنوى ٢١°م (٧٠°ف) ، والفرق الحرارى السنوى ٧°م (١٣°ف) . معنى هذا أن قمة المطر الوحيدة هى التى تميز المناخ المدارى عن المناخ الاستوائى وذلك فى الشمال . أما فى الجنوب فإن تمايز الفصول هو العامل المميز للأنواع المناخية، فهنا يمكن التفريق بين صيف وشتاء عن طريق التباين الحرارى .

### المناخات المدارية القارية :

هى الأكثر شيوعاً وانتشاراً فى أفريقيا ، باستثناء النوع الصحراوى ،



شكل رقم (١٠٩) الأقاليم المناخية لأفريقيا

ونجدها في شمال وفي جنوب دائرة الاستواء على حد سواء . وهي ،  
كالمناخات المدارية البحرية ، تتميز بقمة مطر صيفية ترتبط بنطاق التقاء  
الهواء المداري ، لكنها في الشتاء جافة تماما ، نظرا لأنها تقع حينئذ تحت  
تأثير كتل الهواء المداري القاري ، ولأنها شديدة البعد عن الساحل الشرقي  
حيث يرد الهواء المداري البحري ، كما أن الرياح التجارية الرطبة المطيرة  
لا تطولها . وفي الفصل الجاف تكون الرطوبة منخفضة ، وتكون السماء  
صافية ، مما يتيح فرصة ارتفاع الحرارة .

وغالبا ما تكون الحرارة أعلى من المناخات الاستوائية حيث تحجب  
السحب الاشعاع الشمسي عن الأرض فترات أطول . ففي بلدة كايس  
Kays (في جمهورية مالي) يبلغ المتوسط الحراري لأشهر مارس وأبريل  
ومايو ٣٢°م ، ٣٤°م ، ٣٥°م (٨٩°ف ، ٩٤°ف ، ٩٦°ف) على التوالي .  
لكن في شهر يونيو ، حينما يبدأ موسم الأمطار ، تهبط الحرارة الى ٢٩°م  
(٨٤°ف) . وتبلغ كمية المطر السنوي ٧٢٥ سم (٢٩ بوصة) ، يسقط منها  
٦٥ سم (٢٦ بوصة) في الفترة بين يونيو وسبتمبر ، وحينما ينتهي المطر  
ترتفع الحرارة قليلا من ٢٨°م (٨٢°ف) في شهر سبتمبر الى ٣٥°م  
(٨٥°ف) في شهر أكتوبر . من هنا نرى أن السحاب والمطر يؤثران في  
الحرارة ، التي تتأثر أيضا بحركة الشمس .

والظروف المناخية التي تصاحب الفصل الرطب تماثل تلك الظروف  
المرتبطة بنطاق التقاء الهواء المداري في المناخات الاستوائية . فالرطوبة  
عالية ، والمدى الحراري اليومي صغير . وكلما ابتعدنا عن النطاق الاستوائي  
نحو المناطق الصحراوية ، كلما قصر فصل المطر ، وتناقصت كمية الأمطار ،  
كما ويصبح المطر متذبذبا ، فيقل الاعتماد عليه . وتبلغ كمية الأمطار  
السنوية على هوامش النطاق الاستوائي نحو ١٢٥ سم (٥٠ بوصة) ، ثم  
تتناقص لتصبح ٢٥ سم (١٠ بوصة) على هوامش الصحراء .

### المناخات المدارية فوق المرتفعات :

تماثل زميلاتها الاستوائية ، في أنها تختلف عن النمط الأصلي في الكم  
لا في النوع والنظام . فما تزال تسجل نهاية عظمى سنوية واحدة في الحرارة ،  
وقمة واحدة للمطر أيضا ، لكننا نصادق شهرا أو شهرين يهبط فيهما متوسط  
درجة الحرارة الى ما تحت ١٨°م (٦٤°ف) . وينطبق هذا الوصف المناخي  
على معظم هضبة جنوب أفريقيا . ففي روديسيا نجد مدينة سالسبوري  
Salisbury (ارتفاعها ١٤٦٠ مترا أو ٤٨٥٦ قدم) وبولاوايو Bulawayo

(ارتفاعها ١٣٣٥ متر أو ٤٤٣٥ قدم) تسجلان درجات حرارة أدنى من ١٨°م (٦٤°ف) في أربعة أشهر ، من مايو حتى أغسطس ، بينما لا يرتفع المعدل الحرارى عن هذا القدر في مدينة جوهانسبيرج Johannesburg (ارتفاعها ١٧٨٠ متر أو ٥٩٢٥ قدم) الا في ثلاثة أشهر فقط من السنة . ورغم أن المحطات الثلاث تتصف بنظم حرارية تقريبا من نظم المناخات المعتدلة الدفيئة ، الا أن نظم مطرها ذات طبيعة مدارية ، لهذا يحسن وصفها بأنها تتميز بمناخات مدارية معدلة .

### المناخ الموسمي القارى المدارى :

وهو نمط معدل أيضا من المناخات المدارية ، وينتشر انتشارا عظيما في آسيا أكثر منه في أفريقيا . ويتميز بأن نظم الرياح تتصف بطبيعة نسيم البر ونسيم البحر على نطاق واسع ، وعلى مدار السنة ، بدلا من الحركة اليومية ، والجزء الوحيد الذى يخالف هذا النظام هو القسم من جمهورية الصومال الذى يقع الى الشرق من خط طول ٤٦° شرقا ، ففي أثناء شهر يناير يسود تيار من الهواء المدارى البحرى الهادىء الآتى من الشمال الشرقى ، أما في شهر يوليو فتصبح الرياح جنوبية غربية رغم أنها تتصف بنفس الخصائص من جفاف وهدوء وثبات .

وتبعاً لذلك فإن جمهورية الصومال لايسودها مناخ موسمي من نوع مناخ الهند الغزير الأمطار ، فهي في الواقع جافة ، فمتوسط كمية المطر السنوى لا تزيد على ست بوصات (١٥ سم) ، تتساقط كلها في رخسات غزيرة أثناء أشهر الصيف . وتبعاً لنظام سقوط المطر هذا ، فإنها تنخرط في مجموعة المناخات القارية المدارية ، لكن كمية المطر الساقطة ، وهى قليلة ، تلحقها بالمناخ الصحراوى .

### ثانيا : المناخات المعتدلة الدفيئة

#### مناخ الهامش الغربى المعتدل الدفيء أو نوع البحر المتوسط :

وينحصر وجوده في الأجزاء الشمالية من مراكش والجزائر وتونس وبرقة (ليبيا) ، وفي محافظة الكاب غرب أفريقيا . وتلك هى الأراضى ذات الأمطار الشتوية ، والجفاف الصيفى ، وسبب المطر تدفق الهواء البحرى القطبى وما يصحبه من نشاط الجبهات فى المنخفضات الجوية المشتقة من الجبهات القطبية .

#### مناخ الهامش الشرقى المعتدل الدفيء :

يتنثل فى النصف الجنوبى فقط ، نظرا لعدم وجود ساحل محيطى فى



شرق أفريقيا في عروض شيوخ هذا النوع المناخى الشمالية - ويتساقط على نطاق الساحل الجنوبى لجنوب أفريقيا ، فيما بين خطى طول ٢٠° - ٣٠° شرقا مطر معتدل الكمية طوال العام . ففي الشتاء تجلب المطر للنطاق اعاصير الرياح الغربية ، وفي الصيف الهواء البحرى المدارى المصاحب للرياح التجارية الجنوبية الشرقية ، ويعتبر عامل الارتفاع هذا ذو اهمية في اسقاط المطر الصيفى .

### ثالثا : المناخات الصحراوية

تعتبر الصحراء الكبرى أكبر منطقة في العالم تتميز بمناخات الصحراء الحارة ، فهي تمتد من المحيط الاطلسى الى البحر الاحمر ، وتجد لها امتدادا واستمرارا في صحراء شبه جزيرة العرب . والمطر بطبيعة الحال قليل ، نظرا لأن كتلة الهواء السائدة هي المدارية القارية الشديدة الثبات والعظيمة الاستقرار، والمشتقة اساسا من هبوط الهواء العلوى فوق الصحراء الكبرى ذاتها ، ولهذا فهي جافة ومستقرة . وفي الشمال ، تهب أحيانا عواصف ممطرة مصحوبة بهواء رطب ونشاط اعصارى يغزو الصحراء من البحر المتوسط في الشتاء . وفي الهامش الجنوبى للصحراء تحدث بالمثل عواصف قليلة، تصحب في العادة الامتداد الشمالى الأقصى للهواء الاستوائى خلف (جنوب) نطاق التقاء الهواء المدارى (الرهو الاستوائى) ، الذى يتحرك شمالا ويصل الى النطاق الصحراوى ، ويتوغل فيه في بعض فصول أكثر من البعض الآخر .

ولا يوجد جزء من الصحراء يخلو تماما من المطر ، بل ان بعضا من الجبال العالية في داخلية الصحراء يتلقى كمية من الأمطار تكفى لنمو حياة نباتية متوسطة الغنى ، ويمكن تسميتها (واحات المرتفعات) . وتأتى أمطار هضبة الحجار ، على الخصوص ، اما من هواء البحر المتوسط البحرى القطبى ، في الشتاء ، أو من الهواء الاستوائى البحرى الآتى أصلا من جنوب الأطلسى في الصيف .

ويغطى معظم جنوب غرب افريقيا قسم صحراوى أصغر من الصحراء الكبرى بكثير يتميز بمناخ الصحراء الحار . فالشريط الساحلى يقع بصفة دائمة تحت تأثير هواء مدارى بحرئى هابط شديد الاستقرار، أما في الداخل فيشيع هواء مدارى قارى هابط فوق الهضبة . وأى هواء مدارى بحرئى يأتى من المحيط الهندى فإنه يتعدل ويصبح جافا حالما يصل الى الصحراء . وكما هو معتاد في الأقاليم الجافة ، فإن المطر الساقط يصحب عواصف انقلابية عنيفة ، وهو متغير لا يركن اليه .



## الجزء الرابع

النبات الطبيعي والأقاليم النباتية بالقارات

دراسات تطبيقية

- الفصل الثامن عشر : النبات والأقاليم النباتية بقارة أوروبا .
- الفصل التاسع عشر : النبات والأقاليم النباتية بقارة آسيا .
- الفصل العشرون : النبات والأقاليم النباتية بقارة أفريقيا .



## الفصل الثامن عشر

### النبات الطبيعي والأقاليم النباتية بقارة أوروبا

- ١ - إقليم نبات البحر المتوسط .
- ٢ - إقليم الغابات النفضية .
- ٣ - إقليم النباتات العشبية .
- ٤ - إقليم حشائش الاستبس .
- ٥ - إقليم الاستبس الجافة .
- ٦ - إقليم الغابات الصنوبرية .
- ٧ - إقليم نبات التندرا .





ينشأ عن التباين في أشكال السطح ، وطبيعة الصخور وأنواعها ، وأنماط المناخ السائدة ، عدد من أنواع التربة . ويسود النبات الطبيعي - وهو النبات الذي لا دخل للإنسان في انبثاقه - في مساحات كبيرة في شمال أوروبا ، كما توجد مساحات أخرى مبعثرة في مختلف جهات القارة مائتزال تغطيتها أنواع من النباتات الطبيعية تشهد بما كانت عليه طبيعة الحياة النباتية قبل أن يتدخل الإنسان في نموها أو تغييرها .

والترية عبارة عن خليط مركب من المواد المعدنية والعضوية . ويبدأ تكوين التربة بتحليل وتفكك الصخور السطحية وتحولها إلى مفتتات صغيرة ما تلبث أن تعمرها البكتريا والنبات الصغير . وحينما تموت البكتريا ويتعفن النبات تنشأ مواد الدبال وتتراكم فيها . وتعود نباتات أخرى إلى الندى في ذلك الفتات الصخري ثم تموت وتتعفن ، وتساعد الحيوانات في حفر مستويات التكوينات وقلبها ، كما يدخل الهواء والماء خلال مسامها . ومع موت الحيوان وتعفن النبات وتطللها تتكون حوامض عضوية ، وهذه تتفاعل مع المكونات المعدنية فتنشأ التربة . ولما كانت التفاعلات الكيماوية تعتمد على الحرارة والرطوبة ، أي على درجات الحرارة والتساقط في حالة تكوين التربة ، فإنه من الواضح أن تكوين التربة يعتمد إلى حد كبير على ظروف المناخ السائد في الإقليم الذي نشأت فيه . وهذا هو السبب في تنوع التربة ، وهو الأساس في إمكانية الربط بين أنماط التربة وبين النبات الذي ينمو فيها .

وينبغي أن نشير إلى أن الإنسان قد قام بدوره أيضا في تكوين التربة ، وذلك عن طريق تدمير الحياة النباتية الطبيعية ، وفلح الأرض ، وإدخال نباتات جديدة وامتعمال الأسمدة العضوية الغنية بمواد الدبال .

ولقد حول التربة الحمضية المجدية إلى تربة خصيبة منتجة بإضافة المواد الجيرية إليها ، كما حول التربة الجافة إلى أرض زراعية عن طريق استخدام الري الصناعي .

وسنعالج هنا بالدراسة مختلف الأقاليم النباتية في أوروبا من ناحيتين : الأولى دراسة الغطاء النباتي في حد ذاته ، والثانية دراسة تأثير المناخ السائد والغطاء النباتي على التربة .

## ١ - اقليم نبات البحر المتوسط :

يسود اقليم البحر المتوسط نبات طبيعي يلائم نفسه بظروف مناخ دفيء ومطير في فصل ، وحار وجاف في آخر ، وهو يتحايّل على ذلك بوسائل معينة للحصول على الرطوبة أو للاحتفاظ بها ما أمكن . وكثير من النباتات من النوع الذي يقاوم الجفاف . وحشائش البحر المتوسط من النوع الصلب كحشائش الاسبارتو *Esparto* التي تنمو فوق هضبة المزيّتا . أما مناطق الحشائش الأخرى فقد تحولت الى زراعة الحبوب كما في اليونان وصقلية . والصورة المثالية لنباتات البحر المتوسط تتمثل في أدغال من أشجار الصنوبر كالصنوبر الحلبي ، واختلطه بأشجار ذات أوراق عريضة دائمة كالبلوط والزان والكستناء والزيتون والغار ، ومنها ما يمتاز برائحة عطرية كالآس والخزامى والزعرور . وبعض هذه الأشجار كالفلين يتميز بلحاء سميك ، وبعضها الآخر بأوراق صغيرة سميكة ، تغطيها أحيانا طبقة شمعية أو وبرية .

من النباتات ما تتميز أوراقه بقلة المسامية ، فلا تفقد سوى القليل من المياه عن طريق التبخر والنتح ، ومنه ما تواجه أوراقه أشعة الشمس بحافاتها بدلا من سطوحها ، أو تكون لماعة تعكس قسما كبيرا من أشعة الشمس .

وتضرب بعض الأشجار بجذورها في باطن التربة لتصل الى مستوى الماء الباطني ، وكلها كما نرى محاولات من النبات اما للبقاء على الرطوبة والاحتفاظ بها ، أو للحصول عليها من مستوى الماء الباطني . وللنبات الصغير أيضا مميزات التي تحميه من الجفاف ، اذ يحمل أوراقا دقيقة صلبة تغطيها طبقة شمعية أو ليفية شعرية ، أو أوراقا مدببة أو إبرية . وتفرز بعض النباتات عصارة صمغية ذات رائحة طيبة ، كلها محاولات من النبات للتغلب على ظروف الجفاف ، وحينما قطعت الأشجار فيما مضى استطاعت الطبيعة أن تحل محلها أدغالا من الشجيرات القصيرة والأعشاب تعرف باسم ماكي *Maquis* في جنوب فرنسا وباسم ماشيا *Machia* في إيطاليا ، وتنمو أدغال الماكي في التربة البللورية في جزيرة كورسيكا . وهناك أيضا أنواع من تلك الأدغال أقل غنى يعرف باسم جاريج *Garrigue* ينمو في التربة الجيرية في جنوب فرنسا .

وكثير من النباتات التي نجدها الآن في أراضي اقليم البحر المتوسط وتعتبر مثالية فيه ، هي في الواقع دخيلة عليه ، وليست أصيلة فيه . فاشجار النخل التي توجد الآن في جنوب شرق أسبانيا جديدة في الاقليم كما أدخلت اليه زراعة الأرز وقصب السكر والقطن من الأقطار المدارية التي تقع في

شرقه وجنوبه ، وحتى أشجار الليمون والبرتقال ليست أصلية فيه . ، ولقد نجحت زراعة هذه الأنواع جميعا في أراضي الاقليم لتوفر الحرارة اللازمة في فصل الصيف ولكن حيث تتوفر المياه للرى . وحتى أشجار الكروم يشك في أصلتها في الاقليم ، على الرغم من أنها قد تأقلمت فيه بجذورها الطويلة المتشعبة ، وهى تنتشر الآن في كل أرجائه وتعتبر مثالية فيه . وشجرة الزيتون هى الوحيدة التى تمثل الاقليم كشجرة منتجة أصلية فيه ، هذا على الرغم من أن نباتى القمح والشعير قد تطورا على ما يبدو من حشائش محلية كانت تنمو في الاقليم .

وتبدو التربة في منطقة البحر المتوسط سميقة في الأودية وعلى طول امتداد السهول الساحلية . أما النطاقات الجبلية فتظهر عارية من التربة ، ذلك لأن أمطار الشتاء المنهمرة تكتسح تكويناتها وتلقى بها في الأراضي المنخفضة ، ومن ثم نشأت في السهول الساحلية والأودية تربة عميقة غنية بنية اللون . وفي المناطق التى كان يقل فيها الغطاء النباتى تجد التربة فقيرة في مواد الدبال ، ولكنها مع استخدام المخصبات الصناعية ومع توافر المياه للرى تصلح للاستغلال الزراعى . وفي بعض أراضي الاقليم نجد تربة حمراء يطلق عليها اسم تيراروما Terra Rossa ، وهى تربة ثقيلة نوعا من نوع التربة الصلصالية قد نشأت واشتقت من الصخور الجيرية ، وتلونت بلون الأكسيد الحديدية وهى تربة غنية بالمواد الجيرية ولكنها فقيرة في مواد الدبال ، وقيمتها محدودة ، وتشغلها عادة مزارع الكروم والزيتون ، وتوجد التربة الحمراء في أجزاء من جنوب شرق اسبانيا وفي الوادى الأدنى لنهر الرون ، وفوق المنحدرات والسفوح الشرقية من جبال الأبنين ، وفي صقلية وكورسيكا وسردينيا واليونان . أما التربة البركانية فنجدتها في مساحات محدودة في أجزاء من ايطاليا ، وفي صقلية ، وهى تربة غنية عظيمة الانتاج .

ومن بين المشاكل التى يعانىها اقليم البحر المتوسط عمليات جرف التربة . فكثيرا ما تسقط أمطار الشتاء بغزارة مسببة لسيول تجرف معها تكوينات التربة على امتداد المنحدرات الشديدة ، ولا تسلم السهول ذاتها من اذى السيول . وفي فصل الصيف الجاف تسفى الرياح القوية مواد التربة الناعمة . ولقد أدى قطع الغابات ونسوء استغلالها في الماضى الى تعرية التربة وكشفها لتأثيرات عوامل التعرية مما تسبب في سرعة اجتياحها . يضاف الى ذلك رعى الماعز التى تاكل الحشائش وتلتهم الشجيرات الغضة الحديثة الانبات . ويحاول الانسان الآن جهده للحد من عمليات جرف التربة ، وذلك



بإنشاء المدرجات فوق منحدرات الجبال، وحمايتها باقامة الحواجز، وإنشاء محطمت الرياح عن طريق التشجير أو البناء، كما تزرع المحاصيل السريعة النمو حيث يمكن لجذورها أن تحمي التربة من الانجراف . وتشرف الحكومات أيضا على إعادة تشجير المنحدرات الجبلية ، وعلى تحديد مصاحات الرعى للماعز .

## ٢ - اقليم الغابات النفضية :

يسود وجود الأشجار النفضية في أراضى أوروبا من المحيط الأطلسى حتى جبال أورال ، الى الجنوب من نطاق الغابات المخروطية في المناطق التى يسودها المناخ الانتقلى المعتدل نوعا (وسط أوروبا) مع امتداد صوب الشرق فى المناطق القارية المناخ (شرق أوروبا) . وهى تختلط بأنواع من الأشجار الصنوبرية فى الجهات التى تتميز بتربة فقيرة كالقسم الشمالى من ألمانيا ، أو بتربة رملية كما فى أجزاء من غرب فرنسا ، أو حيث يتطرف المناخ بالاتجاه نحو القطب .

وأشهر أنواع الأشجار النفضية فى أوروبا هى أشجار البلوط والجوز والكستناء والدردار والزان ، وهى جميعا تنتج الأخشاب الصلبة ذات القيمة الاقتصادية الكبيرة . وينشط نمو الأشجار النفضية فى فصل الصيف حين تبدو خضراء مورقة نضرة ، وأوراقها عريضة رقيقة . أما فى موسم الشتاء فإن نموها يتوقف وتبدأ فى نفخ أوراقها والتخلص منها عند حلول الخريف لتعرق عمليات التبخر ، اذ أن ماء التربة يتعرض للتجمد ، ونموها بطيء لأن نشاطها يتوقف أثناء الشتاء . وتتميز الأشجار النفضية بقلة عدد أنواعها ، كما أن أشجار النوع الواحد تتجمع فى منطقة بحيث يكون النوع السائد بين الأشجار التى تنمو فيها ، ومن ثم نجد حشودا من أشجار الزان أو البلوط أو غيرهما فى داخل الغابة مما يسهل استغلالها والعناية بها .

وقد أزيل معظم الغابات النفضية ، ولم يبق منها سوى القليل فى بعض المناطق الوعرة التى لا تصلح للزراعة ، وزرع مكانها القمح والشعير والشيلم والشوفان والذرة والبطاطس وبنجر السكر و الكتان والتفاح ، كما حولت بعض أراضيتها الى مراعى للماشية . ويرجع هذا الى أن تربة الغابات النفضية والغابات المختلطة أقل حموضة وأكثر احتواء على مواد الدبال من تربة الغابات الصنوبرية ، ومن ثم فهى أكثر منها خصوبة .

وتتلون التربة بمختلف درجات اللون البنى ، ومرد ذلك الى التباين فى عمليات التحلل التى أصابت الصخور السطحية بسبب الاختلاف فى



الخصائص المناخية على طول امتداد نطاق هذه الغابات . ففي شمال هذا النطاق على سبيل المثال ، نجد التربة تميل الى اللون البنى الرمادى ، وفي هذا الشريط الشمالى تجود زراعة الشيلم والشوفان . والبطاطس والكتان وذلك حين ازيلت الاشجار . أما فى الغرب فتسود مراعى الحشائش ومحاصيل الغلف كالبرسيم ، والى الجنوب من نطاق الغابات النفضية ، خاصة فى وسط أوروبا وأجزاء من غربها ، تسود تربات اللوس الخصيبة ، وهى بنية اللون وغنية بالمواد العضوية ، وفيها ازيلت الاشجار وحلت محلها زراعة القمح والبنجر والفواكه .

ويضيق نطاق الغابات النفضية فى شرق أوروبا خاصة تجاه الجنوب ، وتسود فيه شجرة البلوط ، وتبدو الغابات هنا متفرقة تفصل بينها مساحات من الحشائش . ويعرف هذا الشريط بالاستبس الشجرية . وقد اختفى معظم النبات الطبيعى فى هذا النطاق أيضا لتحل محله الزراعة . وفيه نجد التربة بنية داكنة ، وهى تربة انتقالية بين التربة البنية المثالية فى اقليم الغابات النفضية ، والتربة السوداء فى اراضى الاستبس الواقعة الى الجنوب منه .

### ٣ - اقليم النباتات العشبية :

تنمو الحشائش والأعشاب فى بقاع معينة من غربى أوروبا وشمال غربها خاصة فى أجزاء من بلجيكا حيث تدعى كامبين Campine ، وفى هولندا حيث تسمى جيست Geest ، وفى القسم الشمالى من ألمانيا الغربية حيث تدعى هايدى Heide . وهى نباتات عشبية فقيرة يشبهها ما ينبت على طول سواحل خليج بسكاي وفى القسم الغربى من شبه جزيرة جوتلاند Jutland فى الدنمرك ، وأيضا فى الأجزاء المرتفعة من غربى أيرلندا واسكتلندا ، حيث تعدل الرياح الغربية التى تهب بشدة على اعاقه نمو الاشجار الطبيعية . وتتركب التربات التى تنمو فيها هذه النباتات فى بلجيكا وهولندا وألمانيا من رمال وحصى وحضباء جرفها الجليد وأرسبتها مياهه الذائبة ابان العصر الجليدى . وفى بعض المناطق تنمو الحشائش والأعشاب فوق تلال الركامات القديمة . وهذه التربات حديثة التكوين من الوجهة الجيولوجية ، وكان وما يزال نموها بطيئا تحت ظروف المناخ المعتدل البارد الذى يسود مناطق توزيعها . ولما كانت تلك التربات تتركز على أرض صماء ، لهذا فانها تتشبع بالمياه ، وتزداد حامضيتها مما يجعلها قليلة الخصوبة ، ويحدث هذا على الخصوص فى مناطق الأحواض المنخفضة ، حيث ينعدم التصريف الطبيعى ، فينشأ عن ذلك تكوين برك ومستنقعات تختوى على طبقات

من النباتات المتفحمة ، التى تستخرج وتستغل كمادة للوقود ، وهى بقايا تحلل نباتات الطحالب وغيرها من نباتات المستنقعات التى تغطى مثل هذه البقاع الرطبة .

وقد تحول قسم عظيم من اراضى النباتات العشبية أما الى التشجير حيث زرعت محلها أشجار الصنوبر على الخصوص ، وأما الى الزراعة ، وذلك عن طريق ازالة الطبقات السطحية ، وحرث الأرض حرثا عميقا ، وإضافة الجير والمخصبات الكيماوية اليها .

#### ٤ - إقليم حشائش الاستبس :

الى الجنوب من نطاق الغابات فى شرقى أوربا، يمتد نطاق من حشائش الاستبس من سهول الدانوب الأدنى الى تخوم قارة آسيا . وفى هذه السهول يمتنع نمو الأشجار الا قليلا ، وذلك بسبب سيادة ظروف المناخ القارى حيث تتجمد التربة أثناء شهور الشتاء ، ثم تتشبع بالماء الذائب من الجليد فى الربيع ، ويعقب ذلك التبخر السريع لمياه الأمطار فى الصيف وتلائم مثل هذه الظروف المناخية القارية نمو الحشائش التى تتميز بفترة نمو قصيرة وسريعة ، ونمو النباتات البصيلية التى تستطيع أن تقضى فترة الخريف الجافة وفصل الشتاء الطويل البارد فى حالة موات ، ثم تعود الى النشاط والنمو بحلول فصل الربيع حين يبدأ الجليد فى الذوبان .

وتعرف هذه المنطقة بالاستبس «الأصيلة» تميزا لها عن الاستبس الشجرية الى الشمال منها ، والاستبس الجافة فى بعض اجزاء الى الجنوب منها . وقد كانت هذه المنطقة تزخر فى فصل الربيع وأوائل الصيف بالحشائش والأزهار المختلفة الألوان والنباتات البصيلية ، وهنا وهناك تكتنفها بعض الأشجار خاصة قرب ضفاف الأنهار . وفى أواخر الصيف، وفى فصل الخريف تذوى الزهور ، وتيبس الحشائش ، ويستحيل لونها الى اللون البنى ، وفى الشتاء تصبح اراضى الاستبس وقد غطاها الجليد . وقد كانت الاستبس فى سابق العهد مراعى طبيعية عظيمة الاتساع ، حيث كان فرسان القوساك والقرغيز يرعون أغنامهم ومواشيهم .

ولم يبق الآن من المراعى الطبيعية سوى مساحات محدودة ، وذلك لأن تربة حشائش الاستبس الأصلية هى التربة السوداء الشهيرة التى تعرف بتربة تشيرنوزيم ، وهى من أغنى التربات وأخصبها فى العالم . ولهذا فقد استغلها الانسان فى الزراعة ، فهى تزرع بالقمح والشعير والشيلم والشوفان وعباد الشمس (لإستخراج الزيت) وبنجر السكر والطباق . أما

النشاط الرعوى فينحصر الآن في مساحات تتميز تربتها بقلة الخصوبة وازدياد الحموضة ، أو في أراضي الاستبس الصحراوية التي تنتشر حول القسم الشمالى من بحر قزوين .

وتوجد التربة السوداء في نطاق عظيم يمتد من سهول أوكرانيا صوب الشرق في آسيا . ولقد نشأت التربة السوداء في ظروف مناخ تتميز بأمطار صيفية لا تتبخر مياهها بسرعة كبيرة . وهى تنقسم الى مستويين : مستوى علوى يبلغ عمقه ٩٠ سم ، ويتميز بلونه الأسود ، ومستوى سفلى لونه بنى ضارب للأصفرار ، وغنى بكربونات الكالسيوم . وقد نشأ اللون الأسود الذى تتميز به التربة العليا نتيجة لتحلل الحشائش على مدى فترات طويلة من الزمن . وتتركب التربة السوداء أصلا من تكوينات اللوس ، وحيث تركز تلك التكوينات على صخور طباشيرية يزداد عمق التربة كما هى الحال في سهول أوكرانيا . أما حيث تركز على تكوينات صلصالية فإن عمقها يقل ولا يزيد عادة على ٤٥ سم ، وترجع خصوبة التربة السوداء الى احتوائها على كمية كبيرة من مواد الدبال التى نشأت وتجمعت نتيجة لتعفن الحشائش وتحللها ، ثم تفاعلها وتمثيلها بواسطة المحاليل الجيرية التى تصعد اليها بواسطة الخاصة الشعرية من التربة السفلى في أثناء الفصل الجاف ، وهذا التفاعل الكيماوى هو الذى يعطيها اللون الأسود . وتختلف كمية المواد الدبالية من مكان لآخر ، فهى تتراوح بين ٦% في سهول أوكرانيا الى نحو ١٥% في شرق نهر الفولجا ، هذا على الرغم من أن التربة السوداء في سهول شرقى الفولجا قليلة العمق .

وقد كان يغطى سهول المجر غطاء مشابه من حشائش الاستبس الأصلية حيث كانت سهول المراعى تعرف باسم بوزتاس Puszta أما الآن فقد تحول معظم السهل المجرى الى أراضى زراعية ، فيما عدا قسم محدود المساحة في شمال شرق المجر ، حيث مايزال الرعاة المجيار يتقاليدهم الرعوية القديمة يزاولون حرفة رعى المواشى والأغنام . وتوجد مراعى الاستبس أيضا في سهول والاشيا في رومانيا ، وفي شمال بلغاريا ، وإن كان معظمها قد زال لتحل محلها زراعة الحبوب . وتوجد حشائش الاستبس الشجرية في شمال مرتفعات الكريات ، وفي جنوب بولندا وغرب الاتحاد الروسى .

##### ٥ - اقليم الاستبس الجافة :

تنبت الاستبس الجافة في نطاق يقع الى الجنوب من أراضي الاستبس الأصلية ، ويبدأ الى الشمال من شبه جزيرة القرم ، ويتسع كلما اتجهنا



صوب الشرق تجاه قارة آسيا . وفي هذا النطاق نجد الحشائش هي النباتات الطبيعية السائدة ، ولكنها أفقر وأقصر من حشائش الاستبس الأصلية ، كما يقل في الاستبس الجافة وجود النباتات البصيلية وتتميز أراضي الاستبس الجافة بمناخ يتسم بأمطار أقل ، وحرارة أشد في فصل الصيف ، ومن ثم تزداد عمليات التبخير .

وتتميز التربة هنا بلونها الكستنائي ، وبعضها ملحي ، وهي تتفاوت في عمقها الذي يصل الى نحو ٤٥ سم . وتحتوي من مادة الدبال على نسبة مقدارها ٣٪ ، ولهذا فإنها أقل خصوبة بكثير من التربة السوداء . وحيث تتوفر مياه الري تقوم الزراعة خاصة زراعة الحبوب . ولكن ما يزال الرعي هو الحرفة الرئيسية في القسم الشرقي من هذا النطاق نظرا لعدم توفر المياه .

وبالقرب من السواحل الشمالية لبحر قزوين نجد مساحات تتميز بتربة فقيرة ، لونها كستنائي فاتح ، تحتوي على نسبة ضئيلة من مادة الدبال تقدر بنحو ١٪ فقط ، وهي تربة قليلة الانتاج حتى حين تتوفر لها مياه الري . ويرجع فقر هذه التربة وقلة خصوبتها الى قلة الأمطار واشتداد حرارة الصيف ، ومن ثم اشتداد التبخر . ويبدو غطاء الحشائش هنا متقطعاً غير متصل ، وينمو الكثير من الأعشاب الجافة المرة العصارة . ويكثر وجود التريبات الملحية خاصة في الأجزاء المنخفضة ، حيث تختلط بها الأملاح القلوية كالبيوتاسيوم والمغنسيوم ، وأملاح الكالسيوم ، ولهذا لا ينمو بها سوى بعض الأعشاب المحبة للأملح .

#### ٦ - إقليم الغابات الصنوبرية :

الى الجنوب من نطاق التندرا يمتد غطاء من الغابات الصنوبرية التي يتميز بها إقليم المناخ البارد . وهو يمتد متصلاً بلا انقطاع من النرويج حتى مرتفعات الأورال . ويتسع بالاتجاه نحو الشرق حيث يعرف باسم التاييجا Taiga ، وان كان هذا الاسم يطلق أصلاً على نطاق الغابات الصنوبرية في سيبيريا . وأهم الأشجار الصنوبرية هي التنوب الفضي والشربين والصنوبر .

وتغطي الأشجار الصنوبرية نحو ثلثي أرض فنلندا ، ونحو نصف مساحة السويد ، وهي مع غابات شمال روسيا تمثل أهم وأعظم احتياطي للأخشاب في أوربا ، ولما كانت الغابات تتميز بقلة تنوع الأشجار ، أصبح من السهل استغلال أخشاب النوع المطلوب . وتعتبر شجرة التنوب الفضي أكثر الأشجار شيوعاً، ويزداد عددها باستمرار على حساب الأنواع الأخرى،



وهي من أهم الأشجار نظرا لأنها مصدر أفضل أنواع لب الخشب وتنمو الأشجار الصنوبرية في جهات أوروبا الأخرى فوق منحدرات الجبال والأراضي المرتفعة حيث يمنع انخفاض الحرارة نمو الأشجار النفضية، ومثلها غابات جبال الألب والبرانس وجورا والفوج والغابة السوداء. وهضبة الأردن وهضبة فرنسا الوسطى وغابة بوهيميا ومرتفعات الكريات وجبال القوقاز. ولقد زرع الإنسان بعض بقاع بالأشجار الصنوبرية أكبرها في إقليم اللاند Landes في فرنسا ، ثم مساحات أخرى أصغر في هولندا وغرب الدنمرك وشمال ألمانيا .

وتتميز الأشجار الصنوبرية بأنها مخروطية الشكل ، وهي تحمل ثمارا مخروطية الشكل أيضا ، وهذا يساعدها على التخلص من قسم كبير من الثلوج المتساقطة عليها ، كما يساعدها على التخفيف من جدة الرياح القطبية القوية الجافة . وهي تتميز أيضا بأوراقها الإبرية التي تغطيها عادة طبقة سميكة ، وهي ميزة تساعدها على الأقلل من فقدان المياه التي تحتاجها ، إذ أن امتصاص المياه من التربة بواسطة جذورها يكون صعبا بسبب تجمد التربة فترة طويلة من السنة . وهي تحتفظ بالأوراق الإبرية لعدة أعوام قد تصل إلى أكثر من خمسة ثم تقوم بنفضها تدريجيا ، بحيث تبقى الأشجار مخضرة دائما . وأرض الغابة تكاد تكون خالية من النباتات العشبية ، كما أن أوراق الأشجار الصلبة تتعفن وتتحلل ببطء شديد ، لذا نجد التربة فقيرة في مواد الدبال . وفي المناطق التي أزيلت منها الأشجار بفعل الحرائق التي تحدثها الصواعق ، أو بواسطة الإنسان ، تقوم الزراعة التي تعترضها صعوبات مناخية جمة ، وتقتصر غالبا على الجودار والشعير والبطاطس ، خاصة عند التخوم الجنوبية للغابات ، أو حيث يزداد تأثير المؤثرات البحرية كما هي الحال في جنوب السويد وفنلندا ، أو على الخصوص عند رؤوس الفيوردات في النرويج . وتستغل الغابات في قطع الأخشاب ، وفي صيد الحيوانات ذات الفراء .

وتسمى تربة الغابات الصنوبرية باسم بودسول Podsol ، وهي تسمية روسية معناها التربة الترمادية المغبرة . وتغطي التربة في فصل الشتاء طبقة من الثلوج ، ومن ثم يتوقف فعل العمليات الكيميائية والبيولوجية التي تنشأ التربة الجيدة . وحينما تذوب الثلوج تنصرف المياه إلى باطن التربة حاملة معها أيديروكسيدات الحديد ومواد الدبال الناشئة من تعفن النباتات قرب السطح ، وذلك في صورة محلول غروي إلى الطبقة السفلى من التربة ، ومن ثم يسلب من التربة السطحية أو من مستواها

العلوى كثير من مواده وخاصة مادة الدبال ، ومن ثم يصبح لونها السائد رماديا . وتتجمع المواد الحديدية ومواد الدبال على عمق يبلغ عدة سنتيمترات حيث تختلط بذرات من الصلصال والغرين ، وينشأ عن ذلك تكوين طبقة بنية اللون داكنة . وقد تتحول هذه الطبقة أحيانا الى مستوى متصلب يمنع تصريف المياه الى أسفل ومن ثم ينشأ مستوى ماء باطنى ضحل يؤدي الى تكوين مستنقعات .

## ٧ - اقليم نبات التندرا :

يقع هذا الاقليم على الخصوص فى داخل الدائرة القطبية الشمالية ، ويمتد هناك فى شكل نطاق ضيق . وبسبب ظروف المناخ القطبى والبارد تتغير الحياة النباتية هنا وتصل الى أدناها . والتربة رقيقة يتجمد مستواها العلوى معظم شهور السنة ، أما مستواها السفلى فدائم التجمد . وهى تنشأ نتيجة لعمليات التفكك الميكانيكى بفعل الصقيع ، ثم لتأثير الظروف المناخية السائدة . وتكوين التربة هنا يسير ببطء شديد ، اذ يفتقر الاقليم الى الرطوبة والحرارة اللازمين لنشاط العمليات الكيماوية .

وحيث يبدأ فصل الصيف - وهو قصير العمر - وتذوب طبقة الجليد السطحية ، تنتعش الحياة النباتية ، ويسرع النبات فى الظهور والنمو خاصة فى الأجزاء الجنوبية وحول ضفاف الأنهار وفى المناطق المحمية . وهى تتمثل فى الطحالب وحشائش البحر والحلفا وعدد كبير من أنواع الأعشاب المزهرة . وعند تخوم الغابات الصنوبرية فى الجنوب تنمو الى جوار الحشائش والنباتات الصغيرة شجيرات قزمية . وحينما تموت النباتات وتتغفن تترك طبقة سطحية من بقاياها تصبح سيئة الصرف ، ومن ثم تنتشر المستنقعات . وليس للتندرا أية قيمة من الوجهة الزراعية . ويقتصر النشاط البشرى فيها على رعى الرنة الذى تزاوله عناصر شبه بدوية كعناصر الابل Lapp ، وعلى صيد بعض حيوانات الفراء التى تهاجر اليها فى الصيف من اقليم الغابات الصنوبرية .

ومثل هذه التربة بنباتاتها الضئيلة نجدها أيضا فوق المرتفعات الشاهقة ، اذ تنتشر على طول امتداد الجبال العالية فى شبه جزيرة اسكنديناوه ، وفوق مرتفعات الألب ، وفى أعالي القوقاز .

## الفصل التاسع عشر

### النبات الطبيعي والأقاليم النباتية

#### بقارة آسيا

- ١ - إقليم الغابات الاستوائية .
- ٢ - إقليم الغابات الموسمية .
- ٣ - إقليم الغابات المعتدلة (أقاليم الصينى) .
- ٤ - إقليم نبات شمال الصين ومنشوريا .
- ٥ - إقليم نبات البحر المتوسط .
- ٦ - إقليم نباتات الصحارى الحارة والمعتدلة .
- ٧ - إقليم الاستبس (حشائش العروض الوسطى) .
- ٨ - إقليم الغابات الصنوبرية .
- ٩ - إقليم التنهدرا .





للمناخ أثره المباشر في نوع النبات المبادئ في اقليم ما ، لهذا نجد أن لكل نوع من الأنواع المناخية الرئيسية التي سبق أن درستها نمطه الخاص من النبات ، وتحدد كمية الأمطار المساقطة في كل اقليم مناخى "الأنواع النباتية الرئيسية ، أما التربة فتحدد الاختلافات النباتية المحلية .

وفيما يلي دراسة للأقاليم النباتية في قارة آسيا :

### ١ - اقليم الغابات الاستوائية :

تنمو هذه الغابات نموا عظيما في اراضى الاقليم الاستوائى في قارة آسيا ، حيث تتضجر الحرارة الشديدة مع الأمطار الغزيرة في العمل على انبات غابات كثيفة متعددة الأنواع . وتنتشر الغابات في مساحات واسعة من السواحل الى قمم التلال .

وتحتوى الغابات على اشجار عالية ، تتشابك أغصانها وتتلاحم ، فلا تسمح احيانا لضوء الشمس من النفاذ الى داخلية الغابة . وعلى أرض الغابة تنمو النباتات المتسلقة حول جذوع الأشجار الضخمة ، محاولة الوصول الى ضوء الشمس ، كما تكسو أرض الغابة أعشاب ونباتات عريضة الأوراق مزهرة ، وجميع الأشجار والنباتات التي تنمو في هذا الاقليم دائمة الخضرة ، نظرا لتوفر الحرارة والمياه طوال السنة .

ولا تستطيع الحيوانات الضخمة أن تعيش في داخل الغابات الاستوائية ، بسبب شدة كثافتها ، لهذا نجد الأنواع الحيوانية تقتصر على الحشرات ، والزواحف ، والطيور ، والقردة ، وهى جميعا تعيش فوق الأشجار وتلما تطأ أرض الغابة .

وتتميز اشجار الغابة الاستوائية بتعدد أنواعها ، وكثير منها له أهميته من الوجهة الاقتصادية ، ولكن يعوق استغلالها تفرعها ، اذ قلما تتركز مجموعة من الأشجار من صنف واحد في بقعة معينة ، كما أن اجتياز الغابة من الصعوبة بمكان ، لهذا يعتمد الإنسان أحيانا الى إزالة الأشجار الطبيعية ، وتمهيد الأرض واعدادها لغرس اشجار زراعية .

واشجار الغابة الاستوائية من النوع الصلب . ويعتبر الأبنوس والماهوجنى من أهم أنواع الأخشاب التي يمكن استغلالها من غابات هذا

الاقليم ، وهناك اشجار أخرى ذات أهمية اقتصادية كأشجار الموز والكاكاو والكيما والمطاط .

ويسكن هذه الغابات عناصر متأخرة بدائية كجماعات «الفدا» في جزيرة سيلان ، وعناصر «السيمانج» في غابات شبه جزيرة الملايو ، والجماعات البدائية في جزيرة بورنيو .

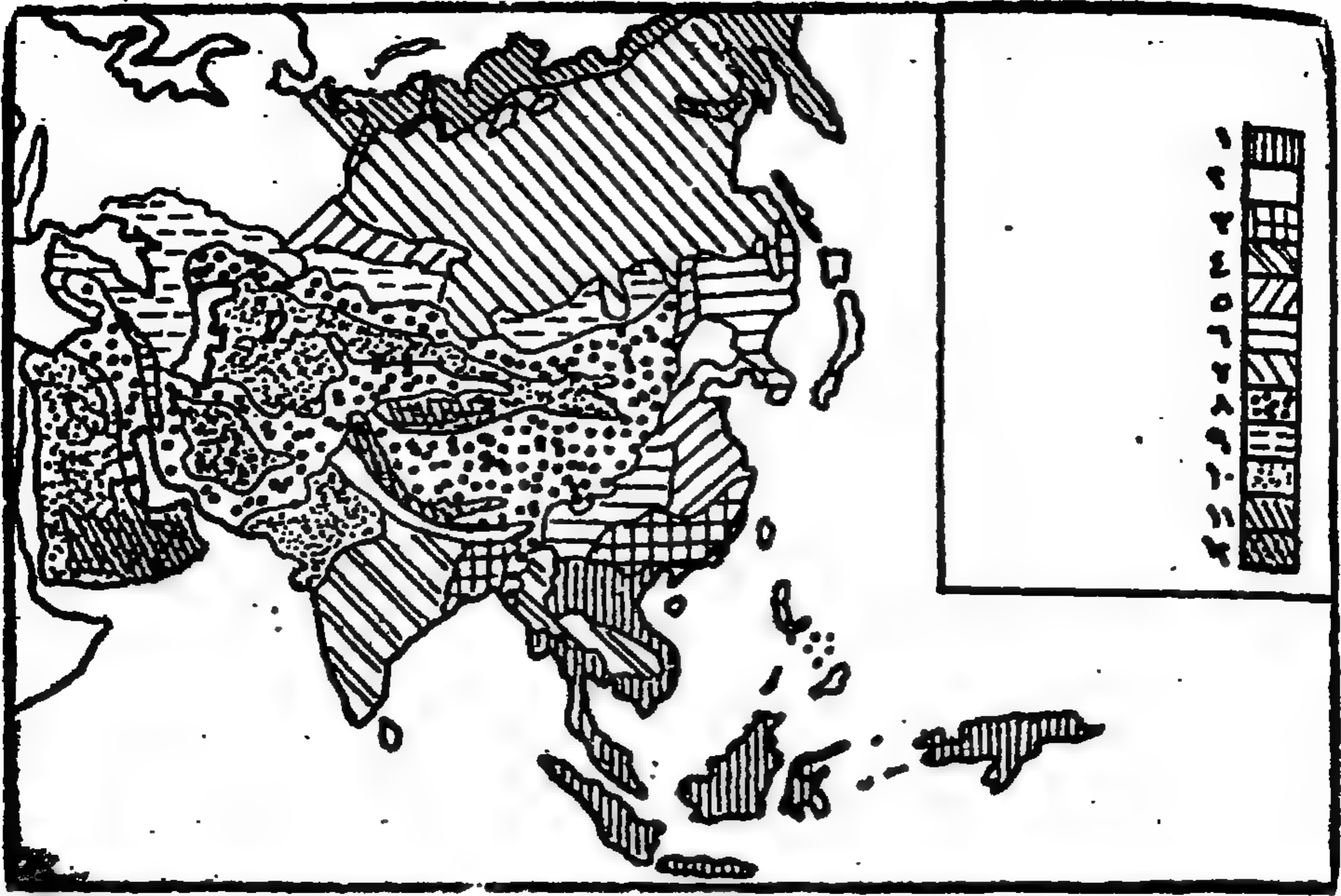
## ٢ - اقليم الغابات الموسمية :

تغطي الغابات الموسمية المطيرة مساحات واسعة في الهند وبورما والهند الصينية .

وتختلف الحياة النباتية في هذا الاقليم من منطقة لأخرى ، على حسب كمية الأمطار وطول الفصل المطير ، ولهذا نجد أن الحياة النباتية تتدرج من غابات كثيفة دائمة الخضرة ، لا تختلف كثيرا عن الغابات الاستوائية ، الى غابات نفضية أو شبه نفضية تسقط أوراقها في فصل الجفاف . فحيث تزيد كمية الأمطار الساقطة على ٢٠٠سم تسود الغابات الدائمة الخضرة العريضة الأوراق . وحيث تتراوح كمية الأمطار الساقطة بين ٢٠٠-١٠٠سم تنمو الغابات الموسمية المثالية . وهي عبارة عن أشجار عريضة الأوراق ، تنفضها في الفصل الجاف . ولهذا فإن الغابة الموسمية تبدو أقل اخضرار في هذا الفصل منها في الفصل المطير .

والأشجار هنا تظهر أقل ارتفاعا وتباعدا منها في الغابات الاستوائية ، ومعظم هذه الأشجار يتفرع قريبا من سطح الأرض على عكس الأشجار الاستوائية التي تبدو جذوعها الضخمة السمكة عارية من الفروع والأوراق قرب سطح الأرض . وعادة ما تنمو تحت الأشجار حياة نباتية كثيفة من الشجيرات والحشائش والخيزران ، وتبدو الأنواع الشجرية أكثر تركيزا في هذا الاقليم منه في اقليم الغابات الاستوائية ، إذ كثيرا ما تتجمع بعض الأشجار من صنف واحد في بقعة واحدة ، أو قد يشيع وجود صنفين أو ثلاثة من مجموعات متجاورة . وعلى الرغم من هذا فإنه يندر أن نجد نوعا واحدا يتصل وجوده في مساحات كبيرة . والغابة الموسمية على أية حال أقل تنوعا في أشجارها من الغابة الاستوائية . وأقل كثافة وازدحاما .

هذا وتشتهر الغابات الموسمية في الهند الصينية وجنوب الصين بأشجار الخيزران المعروف بشجر «البامبو» ، وأيضا بأشجار المساج أو التيك ، وهي أشجار تنفض أوراقها في فصل الجفاف ، وتستخدم أخشابها في صناعة الأثاث . ومن الأشجار الأخرى الهامة من الوجهة الاقتصادية شجر «الشوريا



شكل رقم (١١٠) آسيا : الأقاليم النباتية

- |                                      |                                    |
|--------------------------------------|------------------------------------|
| ١ - الغابات المدارية المطيرة .       | ٢ - الغابات شبه المدارية المطيرة . |
| ٣ - غابات مختلطة شبه نفضية .         | ٤ - غابات نفضية مدارية جافة .      |
| ٥ - غابات نفضية معتدلة .             | ٦ - غابات مختلطة معتدلة .          |
| ٧ - غابات مخروطية .                  | ٨ - أعشاب قصيرة .                  |
| ٩ - حشائش الاستبس .                  | ١٠ - شجيرات صحراوية .              |
| ١١ - أعشاب التندرا والنباتات الالبية | ١٢ - مناطق خالية من النبات         |

Shorea «والخشب الصلب Iron wood الذي تشتهر به بورما ، وحيثما تقل الأمطار الساقطة في أراضى هذا الاقليم عن ١٠٠ سم تحل محل الأشجار الموسمية أحراج من الأشجار الشوكية ، اذ لا تكفى هذه الكمية من الأمطار لنمو الغابات الموسمية المثالية ، وأهم أشجار هذه الأحراج الشوكية شجر السنط .

ويقل حجم الأشجار ويزداد تفرقها كلما ازداد الجفاف ، حتى تصبح الغابة أشبه بأحراج فقيرة ، تتناثر فيها شجيرات شوكية ، يتراوح ارتفاعها بين متر وثلاثة أمتار . وفيما بين هذه الشجيرات توجد مساحات فسيحة من الأرض تخضر وتينع ، وتغطيها الحشائش والأعشاب أثناء شهور المطر ، وتصبح جرداء مقفرة من النبات خلال الفصل الجاف الذي يطول ويمتد على مدى ستة أشهر تقريبا .



وتتميز السواحل الرملية المنخفضة في أراضي الاقليم الموسمي في آسيا بنمو غابات كثيفة من أشجار المانجروف Mangrove والجزورينا Gasurrine وهي أشجار دائمة الاخضرار ، وهي تتميز بكثرة فروعها ، وبأوراقها المستطيلة المساء ، ويبلغ ارتفاع هذه الأشجار بين ٤ - ٦ متر .

### ٣ - اقليم الغابات المعتدلة (الاقليم الصيني) :

تتميز هذه الغابات بنمو أشجار عريضة الأوراق معظمها دائم الخضرة خاصة في جنوب الصين ، وأخشابها صلبة ، وأهم أنواعها شجر البلوط الدائم الخضرة ، كما تنمو أشجار الزان Beech والبتولا Birch والجزور .

وتشغل أرض جنوب الصين أيضا غابات يطلق عليها «الغابات المختلطة Mixed Forests» حيث تختلط الأشجار الدائمة الخضرة ، بكثير من لأشجار الصنوبرية ذات الأوراق الابرية مثل الصنوبر والشوكران Hemloch ويحدث ذلك على الخصوص في المناطق الرديئة التربة ، وأيضا على منحدرات الجبال . وتشغل أشجار الخيزران مساحات واسعة ، كما ينتشر وجود أشجار Tung أو أشجار الزيت أيضا في بعض أراضي الصين. وهناك نوع من الشجر تستخرج منه مادة تستخدم في صنع دهان الأحذية (الورنيش) .

وتسود الأشجار النفضية والغابات الخليط جنوب اليابان وكوريا ، وتتحول الى غابات صنوبرية في شمال اليابان .

ولما كانت الغابات العريضة الأوراق ، والغابات المختلطة ذات أهمية اقتصادية كبيرة ، فقد استغلها الانسان منذ زمن بعيد ، اذ أنها جميعا تعتبر موردا من أهم موارد الأخشاب ، بسبب جودة أخشابها التي تصلح لبناء السفن وصنع الأثاث ، كأشجار الزان وأشجار الجزور . وغرواقع أن قيمتها الاقتصادية ليست هي العامل الوحيد في ازالة الكثير منها ، اذ أن الأقاليم التي توجد بها تعتبر من أكثر أقاليم العالم ازدهاما بالسكان ، لهذا فقد عمد السكان أيضا لازالتها لتحل في أرضها الزراعة خاصة زراعة الأرز والشاي .

### ٤ - اقليم نبات شمال الصين ومنشوريا :

يشغل هذا الاقليم غابات معتدلة باردة ، تختلط فيها الغابات النفضية بالغابات الصنوبرية . وعلى الرغم من أن هذه الغابات قد أزيلت من مناطق كثيرة ، إلا أنها مازال تشغل مساحات فسيحة في شرق آسيا في منشوريا واليابان وشمال الصين ، خاصة في الأراضي المرتفعة ، أما السهول فتغطيها الحشائش .



وتنفض الغابات النفضية أوراقها في الشتاء بسبب البرودة ، أذ تنخفض درجات الحرارة الى ما دون خمس درجات مئوية ، وهى تتضمن هنا الكثير من الأشجار ذات القيمة الاقتصادية الكبيرة كالبلوط والآش Ash والصور Alder والزان . ومن أهم أنواع الأشجار الصنوبرية التى تنمو فى هذا الاقليم شجر الشربين الفضى Silver Fir والصنوبر الأحمر Red Pine واللاريس Larch ، أما أكثر أنواع الأشجار الصنوبرية أهمية من الوجهة الاقتصادية فهى أشجار الصنوبر المنشورى Manshurica pinus .

#### ٥ - اقليم نبات البحر المتوسط :

فى المناطق من غربى آسيا خاصة المطلة منها على البحر المتوسط ، والتى تكفى أمطارها لنمو الغابات ، نجد أن معظم الأشجار من الأنواع الدائمة الخضرة ، هذا على الرغم من وجود فصل جاف حار ، هو فصل الصيف . وتتميز هذه الأشجار بقدرتها على التحايل على تحمل الجفاف ، وإيقاف أو عرقلة عملية النتج ، التى تتزايد فى فصل الصيف ، وذلك بوسائل مختلفة ، فمنها ما يتصف بالأوراق الصغيرة الابرية ، كأشجار الصنوبر والأرز ، ومنها ما يغطى جذوعه بلحاء سميك يحول دون نفاذ المياه بالتبخر كأشجار الفلين .

وتنمو هناك أيضا أشجار الزيتون بأوراقها الصغيرة الخضراء الرمادية ، التى تغطيها شعيرات ملساء ، كما توجد أشجار البرتقال بأوراقها الشمعية ، وأشجار الكروم التى تضرب بجذورها فى باطن التربة . وينمو فى هذا الاقليم أيضا أنواع من أشجار البلوط دائمة الخضرة . وفى بعض مناطق هذا الاقليم تنمو أحراج كثيفة تتخللها أشجار قصيرة . وتغطى الأرض أحيانا بحشائش وأعشاب ، خاصة حيث يقل المطر أو تنعدم التربة الجيدة .

#### ٦ - اقليم نباتات الصحارى الحارة والمعتدلة :

انه من الصعب تمييز أنواع النبات الطبيعى فى الصحارى الحارة والصحارى المعتدلة فى قارة آسيا ، ولكن يمكن القول عامة بأن الأنواع النباتية كلها فقيرة ومجدبة ، ويختلف نوع النبات من بقعة الى أخرى ، بحسب موقعها من النوع النباتى أو الاقليم النباتى القريب اليها . وفى آسيا ينبغى أن نفرق بين الصحارى القاحلة تماما ، مثل الأراضى الداخلية من حوض تاريم وصحراء الربع الخالى بجنوب شبه الجزيرة العربية ، وبين الصحارى الأخرى التى تسودها حياة نباتية ، وخاصة حيث تجود السماء بمياه وفيرة فى بعض السنين .

والفصائل النباتية هنا من النوع الذى يمكنه أن يتحمل الجفاف الشديد ، وتتحايل النباتات على الجفاف بطرق شتى : فبعضها يخزن المياه فى جذوره ، أو أوراقه وسيقانه ، مثل نبات الصبر والصبير ، وبعضها قصير العمر يمكنه أن يتم نموه ونضجه فى فترة قصيرة جدا قد لا تزيد على شهر واحد ، حين يسقط المطر ، ثم يجف ويموت تاركا بذوره مدفونة بالأرض حتى تسقط الأمطار مرة أخرى ، فينمو من جديد ، ومنها ما يضرب بجذوره فى أعماق التربة ليصل الى مستوى الماء الباطنى ، ويستفيد من رطوبة الأرض ، مثل أشجار السنط ذات الأوراق الشوكية .

#### ٧ - اقليم الاستبس (حشائش العروض الوسطى) :

تنمو حشائش الاستبس فى جنوب غربى سيبيريا ، وكذلك على هوامش المناطق الصحراوية فى هضبة منغوليا ، كما تظهر أيضا فى الأراضى السهلية فى وسط منشوريا ، وتتدرج الى شريط غنى من الحشائش البستانية ، وهى الاستبس التى تتخللها الأشجار ، وهذا الشريط يمثل منطقة الانتقال الى اقليم الغابات الصنوبرية .

وتتميز حشائش الاستبس بقصرها وليونتها وخضرتها ، مما يجعلها غذاء صالحا لتغذية الأغنام والماشية .

ولما كانت درجة الحرارة فى الشتاء منخفضة ، اذ يهبط معدلها الى حوالى درجة التجمد ، فان الحشائش تجف وقد تموت نهائيا ، أو قد تبقى فى حالة سكون حتى نهاية الشتاء . وحين يبدأ الفصل الدافئ ، وهو الفصل الذى تسقط فيه الأمطار أيضا ، تينع الحشائش وتنمو وتخضر من جديد .

#### ٨ - اقليم الغابات الصنوبرية :

تمتد الغابات الصنوبرية فى شكل نطاق طويل فوق أراضى سيبيريا فى شمال آسيا ، وتتدرج الغابات الصنوبرية نحو الشمال ، فتتناقص كثافتها ويضمحل حجم أشجارها كلما اقتربنا من اقليم التندرا فى شمالها . ويطلق اسم التاييجا على الغابات الصنوبرية التى تمثل مرحلة الانتقال بين الأشجار الصنوبرية الضخمة فى الجنوب ، وبين اقليم التندرا القاحل فى الشمال . ومع هذا فكثيرا ما يطلق الاسم على كل نطاق الغابات الصنوبرية فى شمال آسيا .

وتتميز الأشجار الصنوبرية بعظم ارتفاعها ، واعتدال سيقانها ، كما تتميز بشكلها المخروطى ، وبأوراقها الابرية التى لا تنفضها فى أى فصل من

فصول السنة . وأهم أنواع الأشجار التى تنمو فى الغابات الصنوبرية هى :  
الشربين Fir ، والصنوبر Pine ، والشوكران ، واللاريس ، وهى جميعا  
ذات أهمية اقتصادية كبيرة .

وعلى الرغم من أن هذا الاقليم فى آسيا يعتبر أكبر منطقة فى العالم  
تغطيتها الأشجار الصنوبرية ، إلا أنه لم يستغل الا قليلا . ويرجع تأخر  
استغلاله الى وجود صعوبات كثيرة أهمها : قلة السكان ، وقسوة الظروف  
المناخية ، وكثافة الغابات ، وصعوبة أختراقها . وبينما تستخدم الأنهار  
لنقل الأخشاب فى شمال أوروبا ، نجد أنهار سيبيريا عديمة الفائدة من هذه  
الوجهة ، إذ أنها تتجه شمالا وتصب فى المحيط المتجمد الشمالى .

وتتميز هذه الأنهار أيضا بتجمدها فى فصل الشتاء ، وفى الفصل الدافئ  
يخوب الجليد فى مجاريها العليا قبل جليد مجاريها الدنيا ، ويترتب على  
ذلك احتباس المياه أمام الجليد ، ثم فيضاناتها على الجوانب ، فتتكون  
المستنقعات التى تغطى مساحات شاسعة من أراضي الغابات الصنوبرية ،  
ويترتب على ذلك أن تؤثر المياه تأثيرا سيئا على أخشاب الشجر مما يقلل  
من قيمته الاقتصادية .

#### ٤- اقليم التندرا :

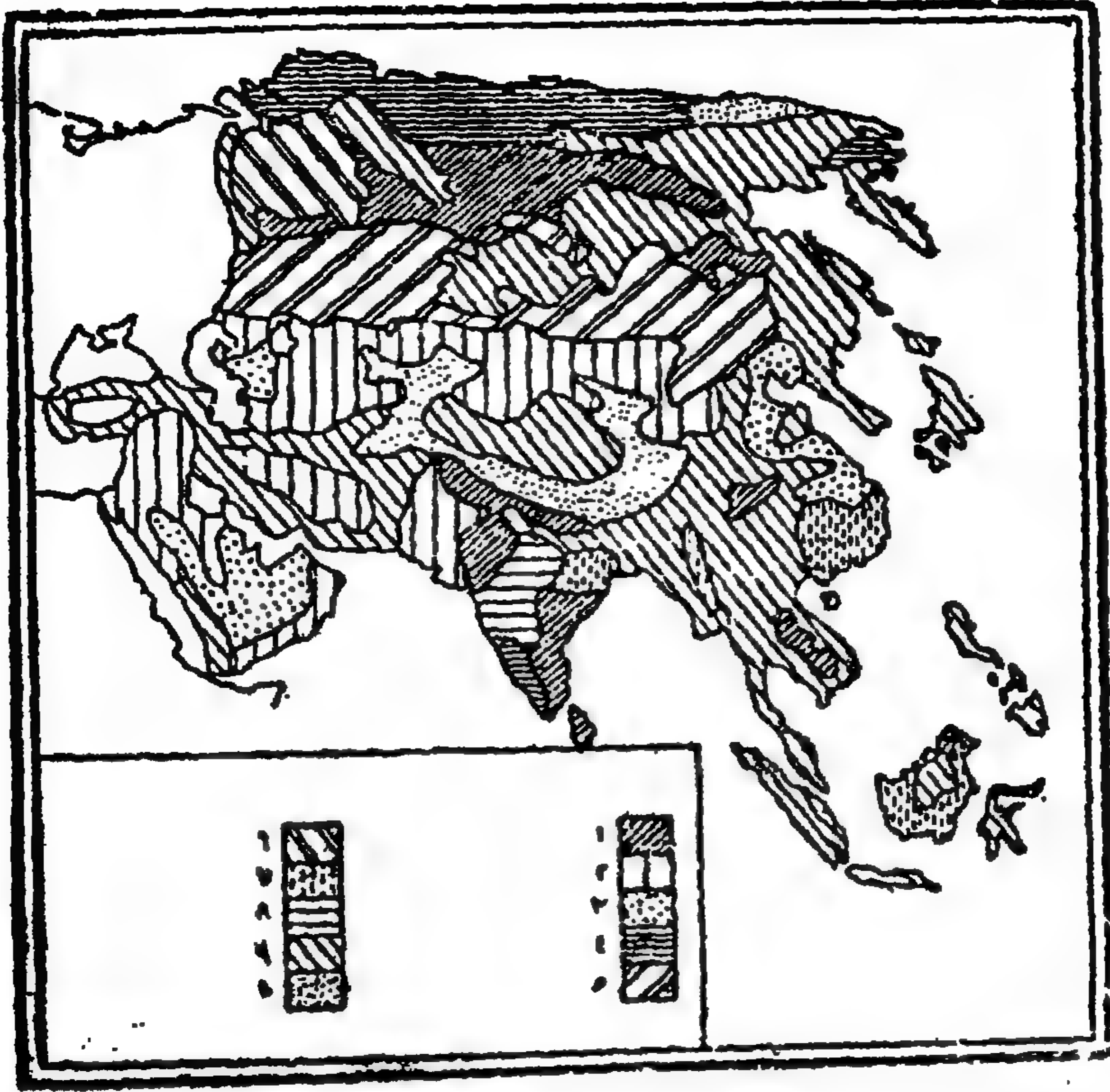
يمتد هذا الاقليم الى الشمال من اقليم الغابات الصنوبرية فى آسيا ،  
والانتقال بينهما يكون تدريجيا ، إذ بالاتجاه صوب القطب تقل كثافة  
الغابات الصنوبرية ، ويتضاءل حجم أشجارها ، حتى تصل الى نطاق من  
الصحارى الباردة يغطيها الجليد معظم شهور السنة .

وفى الفصل الدافئ ، الذى لا يتجاوز شهرين أو ثلاثة ، تنمو حياة  
نباتية فقيرة ، تقتصر على الأعشاب والحشائش ، وفى أراضي المستنقعات  
تنمو الطحالب Mosses وحشائش البحر Lichens . وهنا وهناك تنمو بعض  
الأشجار المتفرقة كأشجار الصفصاف . أما فى الاراضى المحمية المعرضة  
لأشعة الشمس ، فتتنمو الأزهار المختلفة الألوان .

وتتميز كل هذه النباتات بجذور قصيرة لا تستطيع التعمق فى باطن  
التربة المتجمدة ، إذ أن دفء الصيف القصير لا يستطيع إذابة سوى الجليد  
السطحى ، بينما تبقى التربة السفلى متجمدة .

وتتناقص الحياة النباتية تدريجيا وتضمحل ، كلما اتجهنا شمالا، حتى  
تتلاشى تماما فيما يعرف بالصحارى الجليدية ، أو نطاق الجليد الدائم .





شكل رقم (١١١) آسيا : أنواع التربة

- ١ - تربة البودسول في العروض الوسطى .
- ٢ - تربة صحراوية وحمراء .
- ٣ - تربة رملية .
- ٤ - تربة التندرا .
- ٥ - تربة التشنوزم والتربة القسطلية والبنية .
- ٦ - تربة غير مصنفة (في العروض العليا) .
- ٧ - تربة بودسولية مختلطة بتربة لاتيريتية حمراء .
- ٨ - تربة صلصالية سوداء .
- ٩ - تربة جبال .
- ١٠ - مناطق صخرية جرداء أو عليها طبقة رقيقة جدا من التربة .



## الفصل العشرون

### النبات الطبيعي والأقاليم النباتية

#### بقارة أفريقيا

- ١ - إقليم الغابات الاستوائية .
- ٢ - إقليم الغابات المعتدلة .
- ٣ - إقليم السافانا العالية (الغنية أو الغابية) .
- ٤ - إقليم السافانا المكشوفة (المتوسطة) .
- ٥ - إقليم السافانا الفقيرة (القصيرة) .
- ٦ - إقليم النباتات الصحراوية .



ينقسم النبات الطبيعي الى ثلاث مجموعات رئيسية : هي مجموعة الغابات ومجموعة الحشائش ثم مجموعة النباتات الصحراوية . ويتباين توزيع هذه المجموعات في إفريقيا تبانيا كبيرا . فتغطي الأشجار نحو ١٨% من مساحة القارة ، وتغطي الحشائش ٤٢% بينما تغطي النباتات الصحراوية نحو ٣٩% من مساحة إفريقيا .

وتنقسم مجموعة الغابات في إفريقيا الى الأنواع الاستوائية والموسمية والمعتدلة ، ومجموعة الحشائش الى أنواع السقانا والحشائش المعتدلة ثم النبات الصحراوي .

### ١- إقليم الغابات الاستوائية :

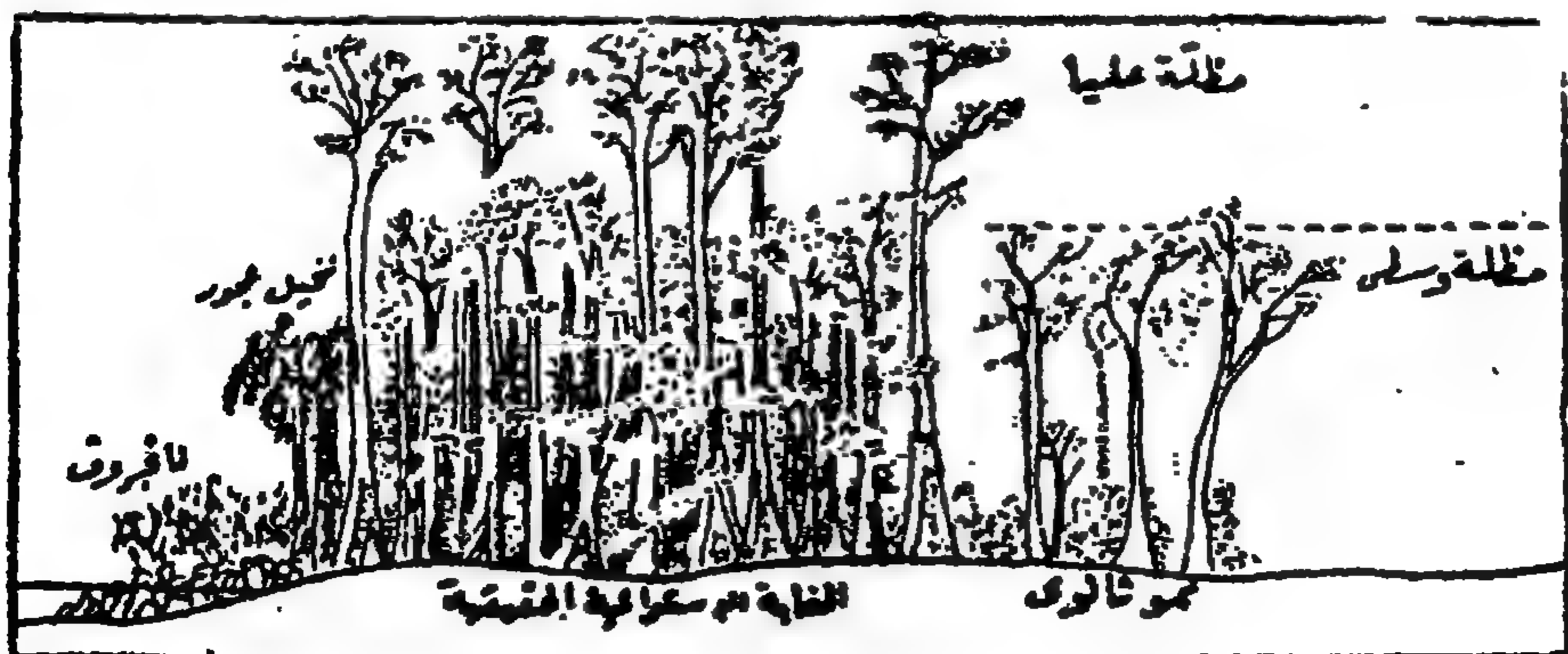
ينتشر وجودها في سائر غاتة وحوض الكونغو والساحل الشرقي الاستوائي ، من دائرة الاستواء الى دائرة عرض ١٠° جنوبا . ويسبب الظروف المناخية للتوائية ، من حرارة مرتفعة وأمطار دائمة ، فان أشجار الغابة الاستوائية دائمة الخضرة . وهي أشجار ضخمة طويلة ، يصل ارتفاعها الى أكثر من ٥٠ مترا (نحو ٣٠٠ قدم) ، وأغصانها متشابكة لدرجة أنها تشكل أكثر من غطاء فوق أرضية الغابة ، كل غطاء منها يتناسب مع الطوال الأشجار . وتنمو بالغابة نباتات طفيلية ، وأخرى متسلقة تنفذ من خلال الثغرات بين الأشجار الضخمة لكي تصل الى ضوء الشمس ، وهي من كثرتها تسد المنافذ خلال الغابة . والغابة لهذا مظلمة ، ويصعب اجتيازها ، وتكثر بها المستنقعات والمياه الراكدة وهواؤها غير صحي .

وتضم الغابة الاستوائية عددا كبيرا من أنواع الأشجار ، وتتعدد الأنواع في المكان الواحد ، حتى لتصل الى ٣٠ نوعا في الفدان الواحد . وهذا التنوع يؤدي الى صعوبة استغلالها ، ولولا وجود أنواع ذات قيمة اقتصادية كبيرة لتوقف استغلال أشجارها الطبيعية . وأهم أنواع الأشجار القيمة هي المطاط ونخيل الزيت والكابلي والأبنوس والمساج والكاكاو والكولا (نوع من البندق الإفريقي) وجوز الهند والموز والمانجو والساجو (وهو نوع من النخيل الاستوائي) .

هذا وقد حاولت الدول الأوروبية لتغلب على ما بالغابة الاستوائية من صعب وتمكنت من استغلال أجراء منها ، فاعتنت بطلب المناطق الحارة



شكل رقم (١١٢) الأقاليم النباتية لأفريقيا



شكل رقم (١١٣) الغابة الاستوائية



للتغلب على الأمراض ، وشقت بها طرقاً لـ... خيراتها ، كما أزال غابات مساحات عديدة منها خلال عدة أجيال ، وزرعت مكان الأشجار الطبيعية المتفرقة ، مزارع لنخيل الزيت الذى ينتشر الآن ويسود جنوب نيجيريا والكاميرون .

هذا وتزخر غابة أفريقيا بالزواحف والأفاعى فى داخلها ، وبالحيوانات المتسلقة كالقردة والنسانيس ، والطيور ذات الريش الجميل التى تسكن الأغصان كالبيغاء . وفى مياه المجارى المائية تمرح السلحفاء المائية وفرس النهر .

## ٢ - إقليم الغابات المعتدلة :

وتنمو على الخصوص فى الأراضى التى تتميز بمناخ البحر المتوسط ، الحار الجاف صيفاً ، والدافئ والممطر شتاءً ، وذلك فى جبال أطلس ، وفى إقليم الكاب . وهى أشجار دائمة الخضرة أهمها الزيتون ، وشجيرات صغيرة ذات جذور طويلة لتصل الى الماء الجوفى فى موسم الجفاف الصيفى ، وتدعى فى أوربا (فرنسا) باسم الماكى Maquis . وفى المستويات العالية من الجبال تنمو أشجار البلوط والفلين وشجر الأرز المخروطى .

وقد بلغ الإنسان درجة كبيرة من استثمار أراضى الغابات المعتدلة ، فقطع الكثير منها ، وأخلى مساحات كبيرة لزراعات مناسبة كالكروم والتين والموالج والزيتون ، كما زرع الفواكه الجافة كاللوز والجوز ، والأشجار ذات القيمة الاقتصادية كالفلين ، والنباتات العطرية ، فضلاً عن الحبوب وأخصها القمح والشعير ، ثم الخضروات .

## ٣ - إقليم السفانا العالية (الغنية أو الغابية) .

تسود السفانا العالية فى هضبة البحيرات الاستوائية وفى جنوب السودان . حيث تقل الحرارة نوعاً (فوق الهضبة) أو حيث تتعرض المنطقة لفصل جفاف . وتشتد كثافة السفانا ، ويزداد علوها كلما اقتربنا من الغابات الاستوائية ، كما تزداد أعداد الأشجار التى تكتنفها وتتداخل فيها فى نفس الاتجاه . وما تزال الحشائش العالية هى المظهر النباتى السائد ، ولذا تسمى أحياناً بالسفانا البستانية . وعلى ضفاف المجارى المائية التى تشق طرقها خلال السفانا تنمو الأشجار الضخمة وتتشابك فوقها مكونة لما يشبه الأروقة أو الدهاليز ، لهذا تسمى بغابات الدهاليز .

والنمو النباتى سريع عقب سقوط الأمطار ، حتى ليصل طول النبات أكثر من المترين . لكن الحشائش تجف وتحترق فى موسم الجفاف .



شكل رقم (١١٤) سفانا غنية عالية تتخللها أشجار (سفانا بستانية)  
والحشائش ذات قيمة اقتصادية محدودة ، فهي خشنة وقليلة الأهمية كغذاء  
للماشية . ويعيش في نطاق السفانا العالية الأسد والنمر ، والفيل والفهد ،  
والجاموس البرى ، والخرتيت ، والبقر الوحشى .

#### ٤ - اقليم السفانا المكشوفة (المتوسطة) :

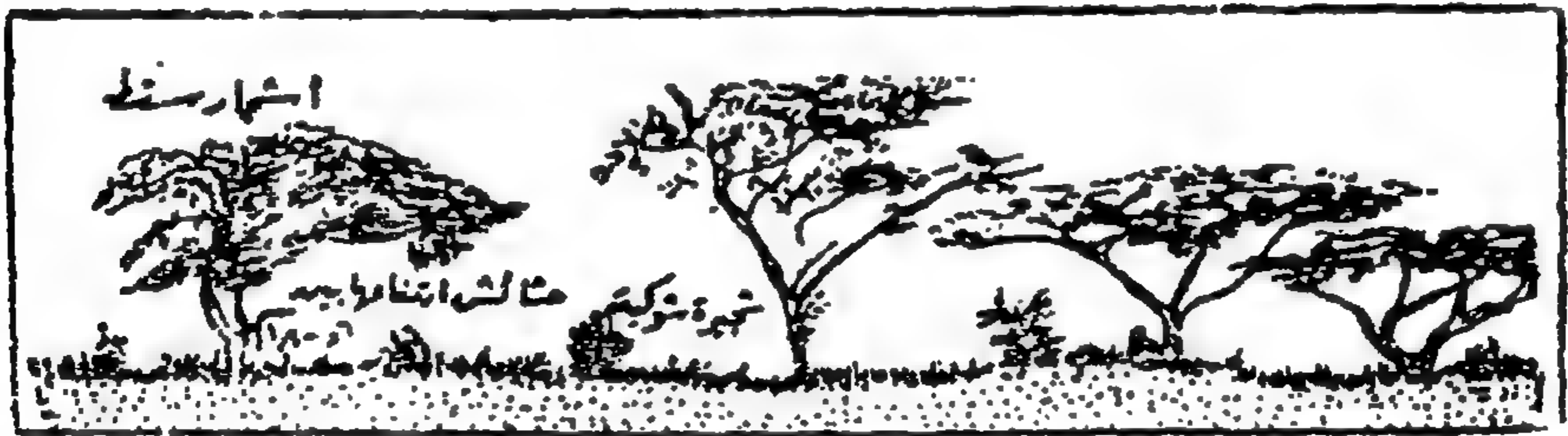
وهى حشائش متوسطة الطول ، يقل فيها النمو الشجرى . وهنا  
وهناك تنمو أشجار من عائلة السنط . وينتشر وجودها في موسم المطر فوق  
مساحات كبيرة من القارة من السنغال حتى القرن الأفريقى وجنوب أفريقيا .  
والأشجار شوكية فى الغالب وغير طويلة . وفى موسم المطر يخضر الاقليم ،  
وتمرح فيه أعداد كبيرة من الحيوانات كالزراف وحمر الوحش والوعول  
والأسود . والحشائش ذات قيمة غذائية محدودة . ونظرا لجودة التربة ،  
فان أراضى السفانا المكشوفة تزرع بالحبوب خصوصا الذرة والدخن وكذلك  
القول: السودانى .

#### ٥ - اقليم السفانا الفقيرة (القصيرة) :

تسود النطاق الانتقالى الى الأراضى الصحراوية . وهى عبارة عن  
حشائش قصيرة ، تتركبها أشجار شوكية أشهرها أشجار السنط الذى ينتج  
الصمغ (العربى) . وموسم نموها محدود ، لكنها ذات أهمية خاصة للرعى



شكل (١١٥) سفانا تتخللها اشجار شوكية في الجهات التي أمطارها ٥١ سم



شكل رقم (١١٦) سفانا شوكية

تنمو في تربة صلصالية سوداء تسود أراضي منبسطة في جنوب نينيا وتنزانيا

سواء على هامش الصحراء الكبرى أو في هوامش القارة الشرقية والغربية .  
والحيوان البري يتمثل في النعام والغزال . وللاقليم مستقبل طيب  
خصوصا في السودان في أراضي الجزيرة وكسلا وطوكر حيث تستخدم وسائل  
الري لزراعة المحصولات الحارة وخصوصا القطن .

#### ٦ - اقليم النباتات الصحراوية :

هي نباتات قصيرة وهزيلة وتنمو مبعثرة ، وتتجمع حيثما سمحت  
الظروف بكمية من الأمطار . وقد تنمو اشجار السنط عند أطراف الصحاري  
في بيئة تنبت بها أعشاب شوكية . وهذه وتلك تتحاييل على ظروف الجفاف  
بطرق شتى . فبعضها يضرب بجذوره الطويلة في الأرض كالنخيل، أو تكون



سميكة الأوراق كالتين الشوكى والصبير ، أو تكون ابرية الأوراق كالشوك .  
وفي داخل الصحراء الكبرى نجد مساحات شاسعة تخلو تماما من النبات ،  
خصوصا حيثما سادت بحار الرمال التى تسمى بالعروق والادهان .

## أشجار، سنط



شكل رقم (١١٧) نباتات شبه صحراوية

وحيثما تتوفر بعض النباتات فى المنخفضات وبطون الأودية يرعى  
الانسان الابل والأغنام والماعز ، كما يشتغل بالزراعة فى الواحات معتمدا  
على مياه العيون والآبار ، وأهم المزروعات الشعير والنخيل والزيتون  
وبعض الفواكه .

وقد تمكن الانسان من توصيل المياه الى بعض المناطق الصحراوية ،  
كتوصيل مياه النيل الى مديرية التحرير فى غرب الدلتا ، وإلى جنوب  
الساحل الشمالى الغربى بمصر . وحفر الآبار الارتوازية للاستفادة من الماء  
الباطنى فى رى مشروعات زراعية فى قلب الصحراء مثل مشروع الوادى  
الجديد فى واحات مصر الغربية ، ومشروعات واحات الكفرة والجفرة  
ومنطقة فزان بليبيا . وتمكن الانسان من استغلال المخزون المعدنى  
بالصحارى الافريقية ، فاستخرج النحاس من صحراء كلهارى والفوسفات  
والحديد وزيت البترول من الصحراء الكبرى فى دول المغرب العربى وليبيا  
ومصر .



# الجزء الخامس

## مناخ ونبات العالم العربى

### دراسات تطبيقية

- الفصل الواحد والعشرون : المناخ والأقاليم المناخية بالعالم العربى
- الفصل الثانى والعشرون : النبات والأقاليم النباتية بالعالم العربى



## الفصل الحادى والعشرون

### المناخ والأقاليم المناخية بالعالم العربى

- الخصائص العامة وعلاقتها بالتيار النفاث دون المدارى .
- الخصائص العامة .
- التيار النفاث وعلاقته بانتقال النطاقات المناخية فى العالم العربى .
- التيار النفاث وعلاقته بالأعاصير .
- أنماط أعاصير العالم العربى .
- كتل الهواء على العالم العربى .
- الضغط والرياح : فى الصيف ، فى الشتاء .
- الحرارة : فى الصيف ، فى الشتاء .
- المدى الحرارى السنوى .
- التباين المتيورولوجى المحلى .
- الرطوبة على مدار السنة .
- الأمطار : صيفا وشتاء .
- الأقاليم المناخية :
  - ١ - البحر المتوسط .
  - ٢ - المناخ الجاف .
  - ٣ - المناخ شبه الجاف :
    - أ - شبه الجاف المطر شتاء .
    - ب - شبه الجاف المطر صيفا .
  - ٤ - المناخ المدارى المطر صيفا :
    - أ - المناخ السودانى .
    - ب - المناخ شبه الموسمى .
  - ٥ - مناخ شبه الموسمى المطر شتاء .





## الخصائص العامة وعلاقتها بالتيار النفاث دون المدارى

### الخصائص العامة :

فوق أراضى العالم العربى الشاسعة المساحة ، والمترامية الأطراف ، لا يمكن أن نتوقع شيوع نظام مناخى واحد . ورغم هذا فالعالم العربى يمثل نطاقا انتقاليا بين المناخات الاستوائية ومناخات العروض الوسطى . وتتصف العروض دون المدارية ، التى يشكل العالم العربى قسما كبيرا منها بخاصية يتميز بها وهى سيادة الجفاف ، فالطر قليل جدا ، سواء فوق المحيطات واليابس . ومادام الجفاف سائدا فوق اليابس والمحيط ، فلا بد أن يكون هنالك سببا يمنع التساقط ، خاصة وأن المياه متوفرة لامداد الجو بالرطوبة اللازمة . ويبلغ مقدار التبخر السنوى من مياه المحيطات أكثر من ٢٠٠ سم ، مما يجعل أجواء هذه المسطحات المحيطية أهم مصادر امداد الغلاف الجوى بالرطوبة . وحينما نأخذ فى الحسبان هذه الحقائق ، فإننا لا نشك فى أن جفاف مناطق العروض دون المدارية يرجع لعوامل ديناميكية ذات ارتباط وثيق بالدورة الهوائية العامة . ويمكننا أن نعزو هذه الظاهرة لعدد من العوامل التى تساعد فى تفسير جفاف النطاق دون المدارى ، وليس من الصعب أن نحدد عاملا واحدا له اليد الطولى ، ان لم تكن له السيطرة الكاملة على النظام كله .

ذلك أن معظم النطاق المدارى يتميز بتفرق الرياح على سطح الأرض فى المستويات السفلى للغلاف الجوى . ويترتب على ذلك التقاء هواء فى الطبقات العليا من الجو ، ثم هبوطه الى سطح الأرض فوق النطاق شبه المدارى ، ويتعرض أثناء هبوطه لتسخين ديناميكى ، وهذا من شأنه أن يخفض معدلات الرطوبة النسبية ، واحداث ظروف جوية مستقرة . ويترتب على ذلك اضعاف نشاط عمليات الحمل الحرارى ، التى تسبب التساقط ، ومن ثم يسود الجفاف .

ويرتبط بتفرق الرياح السطحية ، وهبوط الهواء من طبقات الجو العليا ، تشكيل نطاق من الضغط المرتفع حول دائرة العرض ٣٠° ، الذى يفصل بين الرياح التجارية المدارية (الشرقيات المدارية) والرياح الغربية (الغربيات) . ويعزى معظم التساقط المرتبط بكلتا النظامين : التجاريات

أو الشرقيات المدارية ، والرياح العكسية (أو غربيات العروض الوسطى) إلى الاضطرابات الموجية المتحركة ، التي تلعب دورا حاسما في توزيع الحرارة، وبخار الماء، وقوة الدفع Momentum (طاقة حركة تنقلها الرياح).

وتتناقص شدة هذه الاضطرابات ، وبالتالي كميات التساقط بالاقتراب من نطاق الضغط المرتفع دون المدارى سواء من جهة الشمال أو من جهة الجنوب . ورغم أن الضغط المرتفع يكون موجودا عند منسوب البحر فوق المسطحات المحيطية ، فإنه يكون مرابضا بصورة واضحة فوق اليابس دون المدارى ، لكن فوق ارتفاع يتراوح بين ٢ - ٣ كم ، بسبب تأثير تسخين سطح اليابس .

### التيار النفاث وعلاقته بانتقال النطاقات المناخية في العالم العربى :

وينبغى أن نشير إلى وجود نطاق من الرياح الغربية الشديدة القوة ، يعرف بالتيار النفاث دون المدارى Suptropical Jet Stream يرابض في الطبقات العليا لجو العالم العربى ، وذلك فوق مستوى هبوب الرياح الخفيفة المتغيرة المصاحبة لنظام الضغط المرتفع دون المدارى الموجود على سطح الأرض . ويمكن تحديد موضع المحور الرئيسى للتيار النفاث الذى عنده تبلغ السرعة أقصاها (أحيانا تصل إلى ٥٠٠ كم/ساعة) عند ارتفاع حوالى ١٢ كم ، لكن هذا الموضع ينتقل فوق ١٠ - ١٥ درجة عرضية بين الصيف والشتاء ، خاصة فوق القسم الشرقى من العالم العربى . ففي الصيف يتمركز فوق خط يمتد من أواسط بحر قزوين عبر جنوبى أوروبا وشمال البحر المتوسط ، وفي الشتاء ينتقل جنوبا ملازما لشمالى الخليج العربى عبر سيناء وشمال أفريقيا (يصل بمكة نحو ١٠٠٠ متر ، وعرضه بين ٥٠٠ - ٦٥٠ كم)

ومن الواضح أن الانتقال الفصلى للتيار النفاث دون المدارى في العالم العربى ، يوازى ترحل نطاقيه المناخية الرئيسية فيما بين مواضعها الصيفية والشتوية ، وقد تبين من دراسة التيار النفاث أن انتقاله الفصلى بين الموضعين يحدث عادة بصورة مفاجئة . فالموضع الشتوى فوق عروض شمالى الخليج العربى - شمالى أفريقيا ، يستمر مدة تتراوح بين ٦ - ٧ شهرا ، فيما بين منتصف أكتوبر حتى أبريل . يتلوه انتقال سريع للموضع الصيفى فوق عروض أواسط بحر قزوين - جنوب أوروبا ، حيث يرابض بين ٣ - ٤ شهرا ، من يونيو إلى نهاية سبتمبر .

ولم تعرف أسباب هذا الانتقال السريع لموضع محور التيار النفاث

بصورة مؤكدة . لكن قد تم اكتشاف علاقة بينه وبين الأحوال الجوية التي يولدها وجود نطاق جبال الهيمالايا العظيم الارتفاع . فلقد تبين من الدراسات أن التغير في موضع التيار النفاث ، وما يصاحبه من تغير في مفاجيء من الشتاء الى الصيف والعكس ، يرتبط بحركة وانتقال تيارات مدارى Tropical Jet Stream من أحد جانبي (شمال أو جنوب) إلى الجانب الهيمالايا . ومن الواضح أن جبال الهيمالايا تترك تحرك محور التيار النفاث أو تعطله بطريق مباشر أو غير مباشر ، حتى الوصول إلى حد معين ، بعده تحدث حركة مفاجئة سريعة لمحور التيار النفاث إلى الجانب المقابل لسلسلة الهيمالايا ، حيث ينشأ وضع متوازن جديد .

### التيار النفاث وعلاقته بالاعاصير

تتحدد نظم الطقس وأنماطه ، وتتضح ظواهره في العالم العربي بدراسة تتابع المنخفضات الجوية أو الأعاصير التي تمر به . والاعاصير هي اضطرابات موجية تنشأ على طول الجبهة القطبية ، وتفصل بين الكتل الهوائية المدارية والقطبية . وهي تنشأ فوق المحيط الأطلسي الشمالي وفي البحر المتوسط ، وتحرك نحو الشرق فوق بلدان العالم العربي .

وترتبط الاضطرابات الجوية السطحية بالتيار النفاث ارتباطا وثيقا ، ذلك أن موقع الجبهة القطبية ، التي تتشكل على امتدادها المنخفضات الجوية ترتبط بموضع التيار النفاث ، وعلى الرغم من أنه لم يثبت حتى الآن بصورة قاطعة ، أن التيار النفاث هو السبب الرئيسي في تكوين تلك المنخفضات ، فإن الثابت أن ذلك التيار يتحكم في اتجاه تلك الأعاصير وحركتها من الغرب إلى الشرق ، وفي التعرجات التي تبسوف في مسالكها أحيانا ، ولأنها تؤثر في التساقط ، وفي كثير من ظواهر الطقس الأخرى .

وفي فصل الصيف حين يتمركز محور التيار النفاث على امتداد خط أواسط بحر قزوين - جنوب أوروبا ، نرى مسالك الأعاصير تمر ، متفقة مع هذا الامتداد ، شمال جبال بنطس ومرتفعات البورز . ولهذا فإن تأثيرها ينعدم على أراضى العالم العربي .

أما في الشتاء فإن الحال يختلف تماما ، ذلك أن مسالك الأعاصير تنتقل جنوبا (مع انتقال محور التيار النفاث) فوق البحر المتوسط وأراضى بلدان العالم العربي الشمالية . ولا يتعدى تداخل هذه الأعاصير دائرة العرض ٣٠° شمالا قليلا . ويتكرر حدوثها ويزداد بالاتجاه شمالا .

وبالنسبة لبلدان العالم العربي يكون خط الأعاصير المار بشمال سورية ،



والعراق ، وجنوب ايران . هو الأهم ، ذلك أن الاضطرابات الاعصارية التي تحدث على امتدادها هي المسئولة عن القسم الأكبر من التساقط فوق أراضيها .

### أنماط أعاصير العالم العربى :

لقد أمكن التعرف على ثلاثة أنماط من الاضطرابات الاعصارية في منطقة العالم العربى هي :

١ - النمط الأول يتمثل في أمواج ضخمة تتحرك بسرعة في أعالي الطبقة السفلى (التروبوسفير) من الغلاف الجوى . وهي تعبر أراضي العالم العربى بسرعة ، على امتداد دهلز غربى شرقى الاتجاه ، فيما بين دوائر عرض شمالى سورية والمملكة الأردنية . ويصل المطر المصاحب لهذه الاضطرابات ذروته أثناء شهور الشتاء ، ويسقط على الخصوص في بلدان العرب في شمال افريقيا (دول المغرب العربى ، ليبيا ، مصر) وفي شمال الجناح العربى الاسيوى (لبنان ، سورية ، الأردن ، العراق) .

٢ - النمط الثانى : أعاصير مستقرة أو ثابتة Stationary في مناطق معلومة ، تنشأ نتيجة لوجود قيعان : Troughs (الحركة الموجبة للرياح في شكل قاع) باردة في طبقات الجو العليا . وتتمركز أفضل مساحة تمثل هذا النمط من الاضطرابات الاعصارية في جزيرة قبرص . حيث تبطىء الأعاصير المتحركة خلال البحر المتوسط ، وكثيرا ما تصبح جزء من نظام ضغط منخفض شبه دائم . وتجلب أمثال هذه الأعاصير كميات كبيرة من التساقط على أراضي العالم العربى التى تحف بسواحل البحر المتوسط الشرقية . ويحدث أيضا أن تتحرك هذه الاضطرابات الاعصارية شرقا ، وتتمركز مرة أخرى فوق سهوب شمال العراق بصورة شبه مستقرة ، حيث تتمكن من جذب هواء رطب من منطقة الخليج العربى ، مسببة لحدوث تساقط على امتداد جبال زاغروس . ويبلغ التساقط المصاحب لهذه النظم الاعصارية ذروته في فصل الربيع .

٣ - النمط الثالث : يعرف أحيانا بالنمط الخماسينى . وتتولد هذه الأعاصير فوق شمال الصحراء الكبرى الافريقية العربية ، وتتحرك شرقا فوق أراضي بلدان العرب ، وذلك في أشهر الربيع وأوائل الصيف . ويحدث أحيانا أن تلامس هواء علويا باردا ، فيترتب على ذلك اسقاط كميات كبيرة من المطر .

### كتل الهواء :

يخضع العالم العربى لتأثير خمسة أنواع من كتل الهواء في مختلف فصول السنة .



١ - كتل الهواء المدارية القارية ، وهى حارة جدا وجافة . وتتمدد العالم العربى فى فصل الصيف . وحركة الهواء عموما ضعيفة نسبيا فى أنحاء المنطقة .

٢ - كتل الهواء القطبية البحرية : وهى أهم الكتل الهوائية التى تؤثر فى مناخ العالم العربى شتاء . وتولد فوق المحيط الأطلسمى الشمالى نتيجة للنشاط الأعصارى . وتحتوى لذلك على كميات كبيرة من الرطوبة وتكون مصدرا لمعظم التساقط الذى يحدث بالمنطقة .

٣ - كتل الهواء القطبية القارية: تنجذب الى المنطقة العربية من شرقى أوروبا وسيبيريا أثناء مرور المنخفضات الجوية . وهى كتل هوائية شديدة البرودة والجفاف . وحين تتحرك خلال المنطقة العربية تهبط درجات الحرارة بسرعة .

٤ - كتل الهواء المدارى القارى والمدارى الرطب : وهذه تصاحب القطاعات الدافئة من الأعاصير . وتصدر كتل الهواء المدارى القارى من شمال أفريقيا ، وهى حارة حتى فى الشتاء ، وجافة جدا . وبينما تنبع كتل الهواء المدارى الرطب فى البحر الأحمر، والخليج العربى، والمحيط الهندى، وهى حارة لكنها رطبة . ويتوقف دخول هذين النمطين من الكتل الهوائية الى أراضى العالم العربى على شكل ومرحلة نمو الأعصار ، إضافة الى الطريق الذى يسلكه أثناء تحركه شرقا .

٥ - كتل الهواء «البحر متوسطية» : ويمكن تمييز نمط خامس من كتل الهواء التى تهب على أراضى العالم العربى فى فصل الشتاء ، وتدعى أحيانا باسم «كتل هواء البحر المتوسط» . وهى عادة كتل هواء قطبى بحرى تتولد فى شمال المحيط الأطلسمى ، وتستقر فوق البحر المتوسط فترة من الزمن . وهى بصفة عامة أكثر اعتدالا من الهواء القطبى البحرى ، لكنها مثله رطبة ، نظرا لإضافة مزيد من بخار الماء إليها ، أثناء مرابضتها المؤقتة فوق البحر المتوسط . وعند مرور أعصار ينجذب هذا الهواء ، وينخرط فى نظام الدورة العامة، ويتداخل شرقا الى منطقة الخليج العربى، بل الى هضبة إيران أيضا .

## الضغط والرياح

### فى الصيف :

فى هذا الفصل يتشكل الضغط المنخفض الموسمى المشهور الذى يرابض فوق شبه القارة الهندية ، نتيجة للتسخين الشديد الذى يقاسيه القسم

الجنوبى من قارة آسيا . ورغم أن نطاق الضغط المنخفض الموسمى هذا ضحل، لا يتوغل فى طبقات الجو العليا، فإنه دائم مستقر أثناء أشهر الصيف ابتداء من يونيو حتى سبتمبر . ويرابض مركزه الرئيسى فوق شمال غرب الهند وباكستان ، وله امتداد فى جنوب شرق ايران وخليج عمان .

ويمتد تأثير الرياح القوية التى يسببها، والتى تسود جنوب آسيا، قسما كبيرا من اراضى العالم العربى نظرا لأن الضغط المنخفض يمتد ليشمل الخليج العربى والعراق وسوريا ، بل ان انخفاضها جويا ثانويا يتشكل فوق جزيرة قبرص . ويستمر هذا الضغط المنخفض الثانوى طوال أشهر الصيف، ويؤثر بشكل فعال على توزيعات الضغط والرياح فى المنطقة العربية .

وينشأ المنخفض القبرصى فى البداية نتيجة للتباين فى درجة تسخين كل من اليابس والماء ، وتبعاً لذلك تحدث عمليات تقابل هواء سطحى مايلبث أن يتصاعد الى العلا ، مما يسبب انخفاض الضغط . ويلاحظ ان درجات الحرارة صيفا مرتفعة بالجزيرة بالنسبة لمياه البحر المحيطة بها . ولعل طبوغرافيتها الحوضية الشكل تضيف الى تركيز الحرارة بها ، اذ تجعلها بهيئة عدسة لامة .

ويمتد الضغط المرتفع الأزورى فى فصل الصيف، ويتوغل فى اتجاه الشمال عبر بلدان المغرب العربى حتى يصل الى ليبيا ومصر .

وينبغى أن نضيف عاملا آخرهما هو مرابضة التيار النفاث دون المدارى فوق بحرى قزوين وآسيا الصغرى : فهو يتسبب فى احداث دوامات هوائية ، جانبية ورأسية ، تدور فى اتجاه عقارب الساعة ، وهذه تدعم وتقوى الرياح الشمالية السطحية ، كما تسهم فى استقرار الجو فى معظم أنحاء العالم العربى .

ونتيجة لنظم الضغط المشار اليها تتولد الرياح الشمالية ، التى تعرف باسم ايتيسيا Etesian Wind أو ميلتيى Meltemi وتنمو فوق منطقة ايجيه، وتتقدم جنوبا الى مصر وليبيا ، حيث يعززها ويشد من أزرها نهارا نسيم البحر . وبالاتجاه شرقا الى سواحل فلسطين ولبنان وسوريا، يتحول اتجاه الرياح ، فتصير جنوبية غربية ، بسبب تأثير الضغط المنخفض القبرصى ، وهنا أيضا يعاونها ويقويها نسيم البحر ، ومن ثم فإنها تصل الى الداخل ، محسوسة فى دمشق ، وعمان ، وحتى بالميرا .

وعلى الرغم من أن هذه الرياح شمالية ، فإنها صادرة أصلا من داخلية أوراسيا خاصة من آسيا ، ولهذا فإنها جافة ، إضافة الى أنها تزدد دفاء

بالاتجاه جنوبيا ، فلا تسقط مطرا على الاطلاق ، باستثناء منطقة لم تعد قسما من العالم العربى هى لواء الاسكندرونة ، الذى يستقبل قدرا قليلا من المطر الصيفى يقتصر على ساحله، وذلك بفضل مواجهة الجبال للبحر .

وفي القسم الجنوبي من العالم العربى تصبح الأحوال أكثر تعقيدا . فهنا يظهر تأثير تيار نفاث علوى آخر يسمى التيار النفاث المدارى Tropical Jet Stream يكون اتجاه مساره من الشرق نحو الغرب فوق الهند ، ويعرف باسم كوتيسوارام Koteswaram ، وهو الذى يمارس تأثيرا على القسم الجنوبي من العالم العربى . ويتشكل هذا التيار فيما بين يونيو واغسطس ، ويهب من الشرق قويا وعلى ارتفاع يتراوح بين ١٠ - ١٥ كم . وتحت هذا التيار ، فى المستويات السفلى تجرى الرياح الموسمية الجنوبية الغربية ، التى هى فى الأصل رياح تجارية جنوبية شرقية فى جنوب دائرة الاستواء ، والتى تعبره فتتحرف الى يمين اتجاهها الاصلى فتصير جنوبية غربية . وذلك نتيجة لهجرة بخط الاستواء الحرارى شمالا ، وما يتبعه من انتقال التيار النفاث دون المدارى (الغربى) الذى يكون مرابضا فى الأجواء العليا لشمال الخليج العربى وسيناء ومصر .

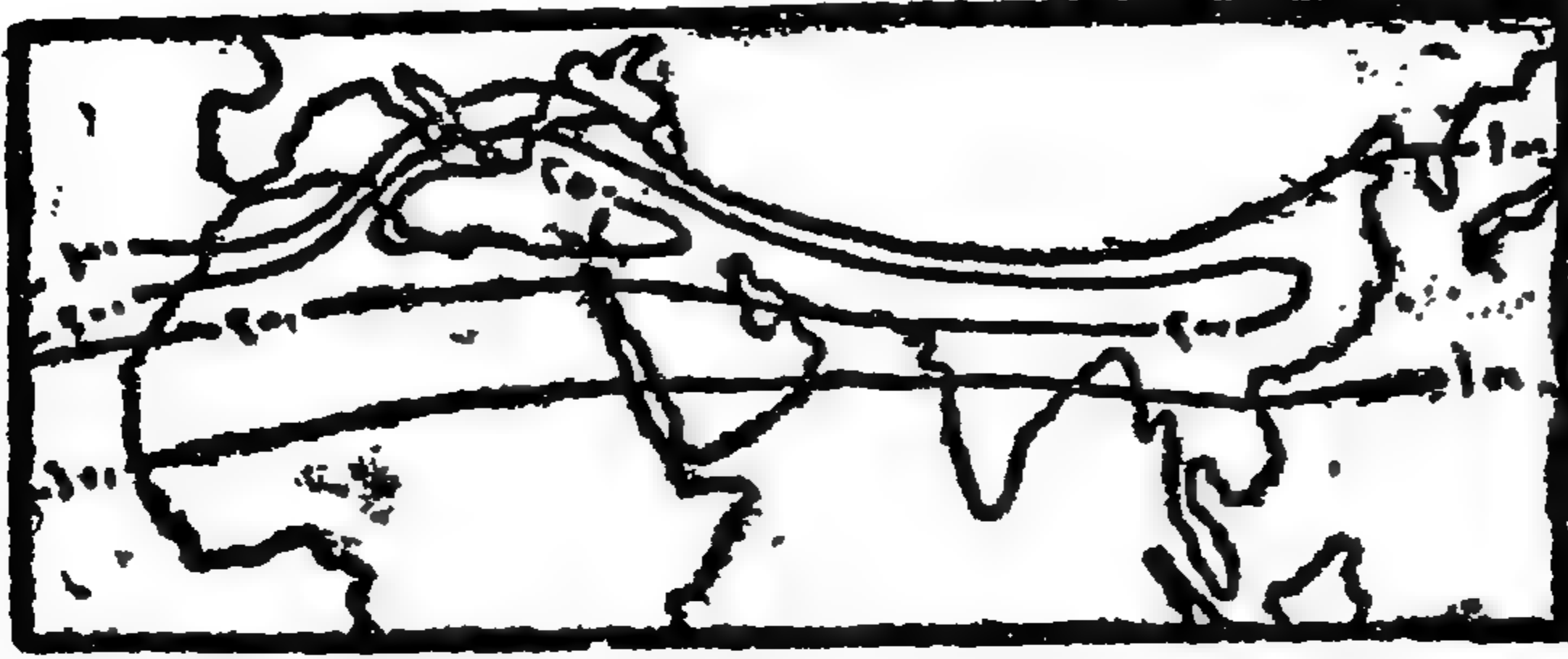
وتبعاً لهذا وذاك ينشأ فى الصيف التقاء رياح فى المستويات السفلى للغلاف الجوى : رياح شمالية وشمالية شرقية جافة ، مع رياح جنوبية غربية رطبة خارجة من المحيط الهندى، وينشأ فى نطاق تقابلهما ما يعرف بالنطاق البيمدارى (الاستوائى) لالتقاء الرياح Ontertropical Convergence Zone.

وفوق هذا النطاق فى طبقات الجو العليا يجرى التيار النفاث الشرقى، الذى يصحبه الكثير من الاضطرابات والدوامات الهوائية . وينشأ عن هذا كله ما يسمى «الخلية» الموسمية Monsoonal Cell فى شمال المحيط الهندى . وحيثما وجدت تضاريس مرتفعة فى مجال الخلية الموسمية ، قادرة على رفع الهواء الى العلا ، مثل هضبة اثيوبيا ، وهضبة اليمن ، ومرتفعات عسير ، فان كميات كبيرة من الأمطار الصيفية تتساقط فوقها . وينشأ هذا المطر من تكاثف بخار الماء الذى تحمله التيارات الهوائية الجنوبية التى تجرى فوق التيارات الهوائية الشمالية الجافة ، ويتأثير التيار النفاث الذى يحدث عمليات خلط ودوامات هوائية تجذب المزيد من الهواء الرطب من المحيط الهندى ، وهو الذى يجلب المطر الصيفى لاثيوبيا وجنوب السودان واليمن وعسير كما أسلفنا .

ولعل هذا يفسر قلة المطر الصيفى أو انعدامه فى السهول الساحلية المنخفضة المشرقة على البحر الأحمر وخليج عدن من جهة ، وكثرته فوق



الجبال العالية بالداخل حيث قد تصل الكمية الى نحو ٢٠٠ سم ، وقد ازداد الاقتناع بصحة هذا التفسير في العقدين الأخيرين ، ولم يعد أحد يأخذ بالرأى القديم القائل بأن سبب المطر الصيفي في شرقى أفريقيا (جنوب السودان والحبشة) وجنوب شبه الجزيرة العربية (اليمن وعسير) هو تيار هوائى غربى علوى يأتى من خليج غنيا (أو رياح موسمية جنوبية غربية آتية من المحيط الأطلسى كما كان رأى السائد فيما مضى) .



شكل (١١٧) متوسط سرعات الرياح عند مستوى ٢٠٠ ملليبار (كم/ساعة) أثناء الشتاء (يناير) . ويتضح نمو التيار النفاث فوق منطقة البحر المتوسط في الشتاء :

يرتفع الضغط في الطبقات السفلى من الغلاف الجوى فوق داخلية القارة الآسيوية ، ويمتد منه لسان يغطى ايران . كما ينشأ فوق آسيا الصغرى بسبب ارتفاعها وبرودتها ضغط مرتفع صغير الحجم ومتقطع ولا يقارن بطبيعة الحال بالضغط المرتفع السيبيري الهائل .

وفي هذا الفصل يرابض التيار النفاث دون المدارى الغربى فوق غالب أراضى العالم العربى ، وتكون سرعته كبيرة جدا ، أما محوره فيتمركز حينئذ فوق سواحل البحر المتوسط الجنوبية . ويلائم وضعه هذا تشكيل نطاقات ضغط منخفض صغيرة (منخفضات جوية) في طبقات الجو السفلى . وتبعاً لذلك يتميز الشتاء بتتابع مستمر لأحوال اعصارية مضطربة ، يقطعها بين الحين والآخر ، تشكيل ضغوط جوية مرتفعة مؤقتة فوق آسيا الصغرى وجنوب غرب آسيا . وفي ذات الوقت لا يكون للتيار النفاث المدارى الشرقى وجود ، وهو التيار الذى يرابض فوق الهند صيفا (اذ ينتقل الى شمال الهيمالايا) ، وتبعاً لذلك لا يحدث التقاء أهوية بشكل محسوس ، فلا يسقط سوى مطر قليل جداً على جنوب السودان وجنوب شبه الجزيرة العربية . وتتشكل منخفضات جوية (اعاصير) فوق المحيط الأطلسى ، وتدخل الى



البحر المتوسط من خليج بسكاي بمسوازة جبال البرانس وخلال ثغرة كاركاسون ، ومن خلال مضيق جبل طارق وعبر المغرب العربي ، ويتجدد شباب هذه الأعاصير في غربي البحر المتوسط ، حيث يقويها ، عدا البحر ، التيار النفاث العلوي ، الذي يقودها ويوجهها أيضا في مسارات معلومة عبر البحر المتوسط الى أرمينيا ، وإيران فالخليج العربي ثم الى باكستان . ويتحرك قليل من هذه الأعاصير جنوبا على طول البحر الأحمر مسببا لسقوط أمطار شتوية قليلة فوق الأراضي المطلة عليه .

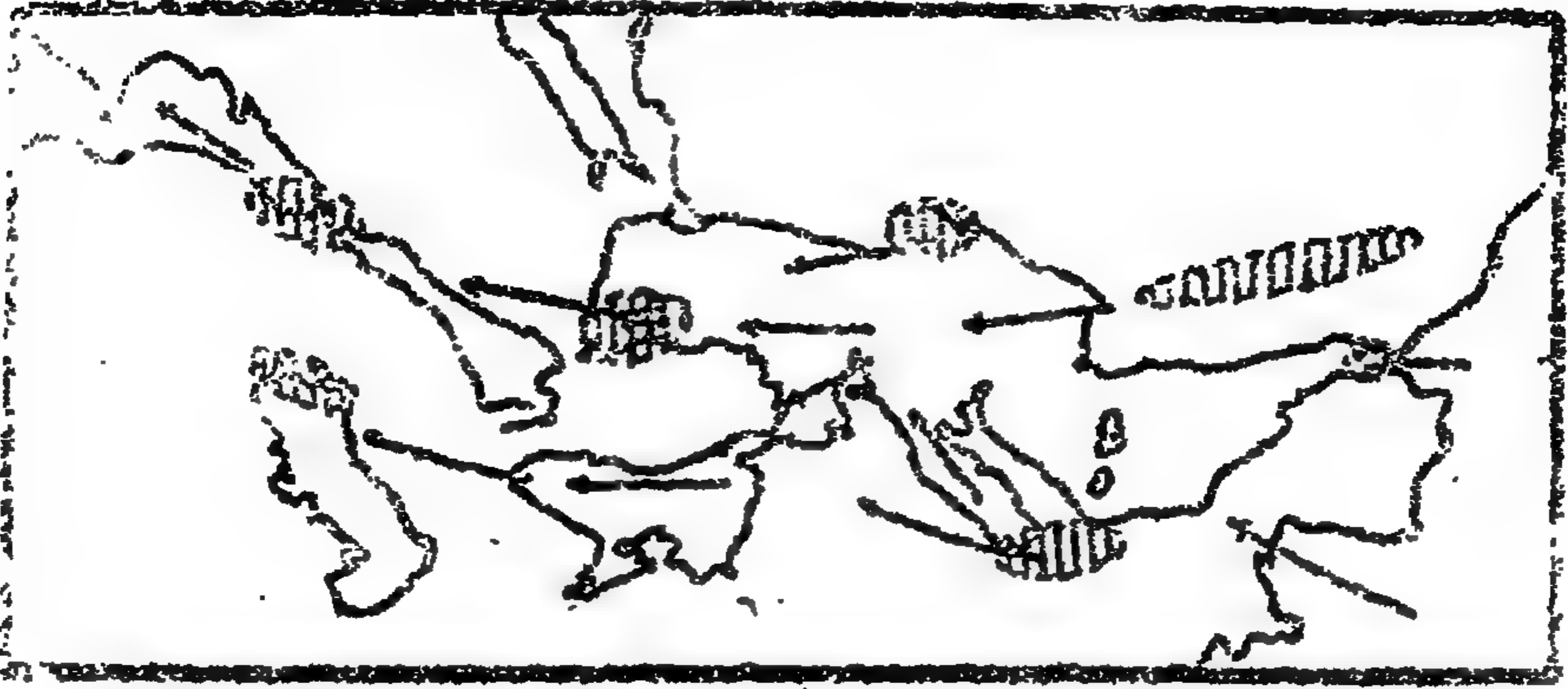
وتتولد في البحر المتوسط ذاته نظم جديدة للضغط المنخفض بسبب تأثير التيار النفاث الغربي . ويبدو أن مرابضة هذا التيار فوق الكتل الجبلية العظيمة يلائم نشوء «منخفضات الظل» Lee Depressions ونقصد بها الدوامات الهوائية الضخمة التي تتشكل في ظهير السلاسل الجبلية الرئيسية كجبال أطلس ، وشمال جبال أبنين . وبالمثل تتشكل أمثال هذه المنخفضات الجوية أو الأعاصير في خليج سيرت في الساحل الليبي ، وفوق قبرص ، وتؤثر تأثيرا بينا في أحوال الطقس في ليبيا وفي مصر وفي البلدان العربية المشرقة على شرقي البحر المتوسط .

مغنى هذا أن البحر المتوسط في فصل الشتاء يتميز بنظام طقس خاص به . حقيقة تأتي من المحيط الأطلسي منخفضات جوية مكتملة تسير وفق مسلك معلوم ، لكنها حين تدخل البحر المتوسط يصيبها التغير ، بل لقد تتطور وتنمو وكأنها تنشأ نشأة جديدة . ويبدو أن نظم الجبهات حسب نموذج بيركنز Bjerknes Type ما يصاحبها من منخفضات جوية (أعاصير) لا ينسحب بكل تفاصيله على البحر المتوسط ، فالقطاعات الدفيئة من الأعاصير كثيرا ما تبدو هنا صافية وجافة ، بينما هي في العروض العليا مصحوبة بسحب كثيفة ، ورطوبة مرتفعة ، وأمطار غزيرة .

وتختلف أعاصير البحر المتوسط عن أعاصير المحيط الأطلسي أيضا في أنها صغيرة المساحة ، وضحلة لا يقل الضغط فيها عادة عن ٩٩٠ مليبار ، كما أن الاضطرابات التي تحدثها قليلة بالقياس لما يحدث في المحيط الأطلسي ، حيث تتكاثر المنخفضات الجوية حتى لتغطي نصف مساحته ، أضف الى ذلك أنها عميقة ، يهبط الضغط فيها الى نحو ٩٦٠ مليبار . هذا ولا يدوم الطقس المضطرب الرديء المصاحب لأعاصير البحر المتوسط فترة طويلة ، وإن كانت تصحبه تغيرات كثيرة وسريعة .

وتتبع الأعاصير مسارات بحرية في الأغلب الأعم . ويمكننا تحديد طريقين رئيسيين ، أحدهما شمالي ، يبدأ من خليج بسكاي أو من شمال إيطاليا الى البحر الأسود عبر البلقان ، أو خلال البحر الأدرياتي ، ومنه

الى البحر الايوني ، حيث يتشعب الى شعبتين بتأثير كتلة يابس الاناضول :  
احدهما تسير شرقا الى بلاد الشام والعراق ، بينما يتحرك عدد منها  
شمالا الى بحر ايجة ثم البحر الاسود ، وتنتهي في بحر قزوين . اما الطريق  
الثاني ، فيتبع جنوبي حوض البحر المتوسط : من المحيط الاطلسي خلال  
مضيق جبل طارق ، او عن ظهير سلاسل جبال اطلس ، ومن خليج سيرت  
الى شرقي البحر ، حيث تجلب أعاصيره المطر لبلاد الشام ، وشمال  
السعودية والعراق ورأس الخليج العربي وايران .



شكل رقم (١١٨) مسالك المنخفضات الجوية

## الحرارة

### في الصيف :

تتشترك دول العالم العربي في ارتفاع درجات الحرارة صيفا ، وفي عظم  
المدى الحراري اليومي والسنوي . والعامل الرئيسي المؤثر هو صفاء السماء ،  
وتبعاً لذلك تلهب الشمس بأشعتها سطح الأرض نهارة ، فترتفع حرارة الجو  
الملامس لها ارتفاعاً كبيراً . وحالما تغيب الشمس يصرع الأشعاع الأرض  
للحرارة ، حيث تتبدد اذ لا تعوقها سماء غائمة ، ومن ثم تنخفض الحرارة  
كثيراً . ويمكننا في هذا المجال المقارنة بأراضي جنوب السودان ، التي  
رغم مجاورتها لدائرة الاستواء ، وبالتالي تعرضها لكمية أكبر من الأشعاع  
الشمسي ، فإن حرارتها منخفضة نسبياً ، وذلك بسبب تساقط المطر ، والسحب  
التي تحجب الأشعاع المباشر عن سطح الأرض . فأكثر أجزاء العالم العربي  
حرارة في فصل الصيف هي التي تتصف بصفاء السماء وبالموقع الداخلي ،  
وليس بسبب مجاورتها لدائرة الاستواء ، حيث تصود السماء الغائمة  
(متوسط حرارة يوليو في جوبا بجنوب السودان  $25^{\circ}\text{م}$  ، وفي القاهرة  $28^{\circ}\text{م}$  ،  
وفي الرياض  $33^{\circ}\text{م}$  ) .

وتلعب التضاريس دورا مهما في التأثير على الحرارة في أنحاء العالم العربى . فرغم أن بعضا من أجزاء الأراضى العربية منخفض جدا ، فإن هناك مساحات كبيرة تعلو منسوب ١٠٠٠ متر ، كما هى حال جبال أطلس وليبان والبحر الأحمر وعمان . ويعمل الارتفاع بطبيعة الجبال على تخفيض درجات الحرارة صيفا ، ويظهر أثر هذا العامل بصورة أوضح في فصل الشتاء حين تنخفض الحرارة الى ما دون الصفر، وتجلل الثلوج قمم الجبال لشهور عدة . وحيثما اكتنفت السواحل نطاقات جبلية ، فإنها تحصر تأثيرات البحر اللطيفة في النطاق الساحلى الضيق ، وتمنعها من التوغل في الداخل . هذا وتعمل الأحواض والمنخفضات الأرضية التى تزخر بها داخلية بلدان العرب على تركيز الاشعاع الشمسى ، اضافة الى جفاف التربة وغياب الغطاء النباتى ، مما يسمح بشدة تسخين سطح الأرض نهارا ، وسرعة اشعاعها للحرارة ليلا .

ولا شك أن المتوسطات الحرارية تكون مضللة في بلدان فيها يعظم المدى الحرارى اليومى والفصلى . ولهذا ينبغى النظر الى متوسطات النهايات العظمى والنهايات الصغرى للحرارة لكى نأخذ فكرة صحيحة عن الأحوال المناخية الفعلية (أنظر جداول الحرارة المرفقة) . مثال ذلك حينما نقارن المتوسط الحرارى الصيفى لكل من بيروت (٢٧°م) والقاهرة (٢٨°م) سنجد أنهما متقاربين جدا . لكن قد ترتفع الحرارة في أيام من صيف القاهرة الى ٤٠°م وأكثر ، بينما تنخفض الحرارة في لياليها انخفاضا كبيرا ، بينما يندر أن ترتفع حرارة بيروت في نهار الصيف عن ٣٢°م ، كما لا تنخفض بالليل عادة عن ٢٦°م. ففي الجهات الساحلية يصغر المدى الحرارى اليومى عنه في الأنحاء الداخلية ، بسبب تأثيرات البحر اللطيفة ، لكن هذا التأثير يضحل سريعا بالاتجاه نحو الداخل .

ويسود نظام حرارى صيفى بسيط معظم أنحاء العالم العربى . ف شهر يوليو هو أحر الشهور ، باستثناء الجهات الساحلية التى تتأخر فيها النهاية العظمى للحرارة الى شهر اغسطس ، وذلك بسبب بطء امتصاص مياه البحر للحرارة . وفي مناخ مصر مثال طيب لهذه الظاهرة ففي وادى النيل وأراضيه الداخلية تظهر النهاية العظمى في يوليو ، بينما تتأخر الى اغسطس في سواحلها على البحر المتوسط والبحر الأحمر . وبالاتجاه جنوبا في بلدان العرب تبكر النهاية العظمى للحرارة ، فتصير في يونيو في مصر العليا وجنوب شبه الجزيرة العربية ، وفي مايو ، أو في مارس أو في فبراير في أنحاء كثيرة من السودان (جوبا في فبراير ، ومنجلا في مارس) ،



وذلك بسبب حدوث الانقلاب الصيفي وما يترتب عليه من تسخين شمسي مباشر من جهة ، والطقس الغائم والمطر الساقط على وسط السودان وجنوبه مما يخفض حرارة الصيف من جهة أخرى .

### في الشتاء :

شهر يناير هو أبرد الشهور في جميع أنحاء العالم العربي . ويبدأ الارتفاع في درجات الحرارة أواخر فبراير أو أوائل مارس ، وحالما ترتفع الحرارة فإنها تستمر وبمعدل سريع . ويمكن أن نلاحظ اختلافات كبيرة بين الشمال والوسط والجنوب . ففي الشمال والشرق تنخفض الحرارة كثيرا بسبب القرب من داخلية أوراسيا ، ومن ثم بالمؤثرات القارية التي تزداد حدة بالارتفاع عن منسوب البحر . فتهبط الحرارة الى مادون الصفر ، وتتراكم الثلوج فوق ذرى جبال لبنان ، ومرتفعات شمال العراق ، وسلاسل أطلس .

وتمتد العواصف الثلجية الى سوريا والأردن . وقد تتساقط كميات صغيرة من الثلوج فوق التلال . ويمكن القول أن احتمال تساقط بعض الثلوج أو البرد موجود في أنحاء العالم العربي باستثناء السودان والقسم الجنوبي من شبه الجزيرة العربية . ذلك أن بعضا من الثلوج أو البرد يتساقط فوق منطقة الوجه البحري من مصر ، وكذلك فوق مرتفعات اليمن وعسير والجبل الأخضر في سلطنة عمان ، إضافة الى مرتفعات وتلال ليبيا خاصة منطقة الجبل الطرابلسي .

ويمكننا اتخاذ خط الحرارة المتساوية  $10^{\circ}\text{م}$  في شهر يناير ، حدا يقسم أراضي العالم العربي الى قسمين رئيسيين : شمالي ، وآخر جنوبي . وتدخل ضمن القسم الشمالي معظم أراضي لبنان وسورية والأردن ، وشمال العراق ، والهوامش الشمالية من المملكة السعودية ، وهضبة اليمن ، ومعظم أنحاء المغرب العربي ، ومنطقة الجبل الطرابلسي الليبي . ويقع معظم باقي أرجاء العالم العربي فيما بين خطي الحرارة  $10^{\circ}\text{م}$  -  $20^{\circ}\text{م}$  ، باستثناء جنوب السودان وجنوب شبه الجزيرة العربية ، ففيهما يرتفع معدل حرارة يناير ليصل الى نحو  $25^{\circ}\text{م}$  وأكثر . إذ يصل هذا المعدل في ملكال الواقعة على درجة عرض  $9^{\circ}$  شمالا  $27^{\circ}\text{م}$  ، وفي جوبا الواقعة على دائرة العرض  $5^{\circ}$  شمالا الى  $29^{\circ}$  وفي عدن  $25^{\circ}\text{م}$  (أنظر جداول حرارة الشتاء) .

وطبيعي أن تتأثر الأراضي المطلة على البحار بهوائها الدافئ نسبيا في فصل الشتاء ، مثلما تتمتع بهوائها البارد نسبيا في فصل الصيف . ولهذا يقل فيها المدى الحراري اليومي ، بينما يكبر بالاتجاه نحو الداخل بعيدا عن أثره . فالمدى الحراري اليومي في الاسكندرية وبنغازي وطرابلس



حرارة يوليو بالدرجات المئوية في بلدان العالم العربى

البلاد	المتوسط اليومي		معدل المدى اليومي	النهاية	
	العظمى	الصغرى		العظمى	الصغرى
بلدان ساحلية					
القصور	٣٤	٢٦	٨	٤٠	٢٣
جسدة	٣٨	٢٦	١٢	٤٢	٢١
عسدن	٣٦	٢٨	٨	٤٠	٢٣
مسقط	٣٦	٣٠	٦	٤٥	٢٥
البحرين	٣٧	٢٩	٨	٤٤	٢٤
الكويت	٤٠	٣٠	١٠	٤٨	٢٦
طنجة	٢٥	١٨	٧	٣٢	١٨
الجزائر	٢٥	١٧	٨	٣١	١٧
قابس	٣٢	٢٠	١٢	٣٣	١٨
طرابلس	٣٠	٢١	٩	٤٥	١٥
بنغازى	٢٩	٢٢	٩	٤٠	١١
الاسكندرية	٢٩	٢٣	٦	٤٠	١٧
حيفا	٣١	٢٤	٧	٣٦	١٧
بيروت	٣١	٢٣	٨	٤٠	١٣
بلدان داخلية					
بسكرة	٤٢	٢٦	١٦	٤٨	٢٠
غدامس	٤٣	٢٢	٢١	٥٤	١٥
الكفرة	٣٨	٢٤	١٤	٤٣	١٧
القاهرة	٣٥	٢٠	١٥	٣٨	١٨
أسوان	٤٢	٢٦	١٦	٥١	٢١
الخرطوم	٤٣	٢٣	٢٠	٥١	٢٢
ملكال	٣٧	٢٧	١٠	٤٠	٢٣
جوبا	٣٠	٢٢	١٠	٣٢	٢٠
الرياض	٤٢	٢٥	١٧	٤٥	١٩
بغداد	٤٣	٢٤	١٩	٤٩	١٧
الموصل	٤٣	٢٢	٢١	٥١	١٥
دمشق	٣٦	١٨	١٨	٤٣	١٣
عمان	٣٢	١٨	١٤	٤٠	١٣
القدس	٣٠	١٧	١٣	٣٨	١٠

حرارة يناير بالدرجات المئوية في بلدان العرب

البلاد	المتوسط اليومي		معدل المدى اليومي	النهاية	
	العظمى	الصغرى		العظمى	الصغرى
بلدان ساحلية					
طنجة	١٥	٨	٧	٢٢	٣
الجزائر	١٢	٥	٧	١٨	٢
قابس	١٥	٥	١٠	١٩	٤
طرابلس	١٦	٩	٧	٢٨	١
بنغازى	١٧	١٠	٧	٢٥	٣
الاسكندرية	١٨	١١	٧	٢٨	٣
بيروت	١٧	١١	٦	٢٥	٠.٥-
الكويت	١٦	١٠	٦	٢٨	٠.٥-
الشارقة	٢٣	١٢	١١	٣٠	٣
مسقط	٢٣	١٣	١٠	٢٨	٨
جدة	٢٩	٢١	٨	٣٥	١٥
عُـدُن	٢٩	٢١	٨	٣٢	١٤
بلدان داخلية					
الكوفة	٢١	٦	١٥	٣٢	٣.٥-
الداخلية	٢١	٥	١٦	٣٦	٠.٥-
أسوان	٢٣	١٠	١٣	٣٨	٣
الرياض	٢١	٨	١٣	٣٠	٧-
حمايل	١٧	٤	١٣	٢٧	٢.٥-
بغداد	١٥	٤	١١	٢٠	١
الخرطوم	٢٥	١٠	١٥	٣٠	٥
ملكبال	٢٧	١٥	١٢	٣٠	٢٠
جـوـبـا	٢٩	٢٠	٩	٣١	٢٢

والجزائر والدار البيضاء وبيروت والكويت بين ٦°م - ٥°م ، بينما يرتفع المدى في محطات الرصد الداخلية فيتراوح بين ١٢ر٥°م - ١٦°م ، وذلك في حائل والرياض وأسوان والداخلة والكفرة .

### المدى الحرارى السنوى :

يختلف المدى الحرارى السنوى في الجهات الساحلية عنه في الجهات الداخلية اختلافا كبيرا . وهو على أى حال انعكاس للتباين في المدى الحرارى اليومى في فصلى الصيف والشتاء في مختلف أنحاء العالم العربى . وطبيعى أن يزداد المدى الحرارى الفصلى في الجهات الداخلية حيث يسود نوع المناخ القارى المتطرف : اذ ترتفع الحرارة ارتفاعا كبيرا نهارا وصيفا ، وتنخفض كثيرا ليلا وشتاء ، فيصل المدى في بغداد ٢٤°م ، وفي قسنطينة بالجزائر ٢٦ درجة مئوية .

وينعكس تأثير البحر على الجهات المطلة عليه ، فتتصف لذلك بخصائص المناخ البحرى ، الذى يميزه صغر الفرق الحرارى اليومى والسنوى . ففي الشتاء تدفئ مياه البحر الدافئة اليابس البارد المجاور . بينما تلطف نسيمات البحر البارد نوعا من حرارة الاراضى الحارة التى تكتنفه ، ومن ثم لا يزيد المدى الحرارى الفصلى في معظم المحطات الساحلية على ١٣°م . بل ان هذا المدى يقل الى مادون ١٠ درجة مئوية في جميع محطات الرصد على طول الساحل الجنوبى لشبه الجزيرة العربية ، ومعظم سواحل البحر الاحمر الجنوبية (جدة ٧°م ، الحديدة ١٠ درجة مئوية ، عدن ٧ درجة مئوية ، المكال ٦ درجة مئوية) .

### التباين المتيورولوجى المحلى :

من بين الظواهر الملفتة للنظر في مناخ العالم العربى ، التباين السريع الحاد في احوال الطقس على امتداد مسافات قصيرة نسبيا ، وفي وقت محدود بيوم واحد أو يومين اثنين . مثال ذلك المسافة فيما بين مدينة عمان ومدينة القدس والتى تبلغ ٨٠ كم . ويبدأ الطريق من عمان على ارتفاع ١٠٠٠ متر ، ثم يهبط في غور الأردن الى منسوب ٤٠٠ متر تحت منسوب البحر ، وهو منسوب نهر الأردن الذى يعتبر أدنى منسوب في يابس العالم ، ثم يصعد الطريق الى علم ٧٠٠ متر ، في مشارف القدس .

وتتغير الرطوبة والحرارة على طول هذا الطريق تغيرا كبيرا . فقد تم تسجيل فروق حرارية وصلت الى ١٢ر٥°م ، وفروق في الرطوبة بلغت ٣٨% . وتكشف مثل هذه الدراسات التفصيلية الكثير من الاختلافات .

المتيورولوجية المحلية ، التى لا شك تجد لها تعليلا وتفسيرا فى المناطق من اراضى العالم العربى التى تتميز بتنوع سريع فى التضاريس .

ويتضح هذا التغير الصارخ فى جهات كثيرة ، لعل أشدها وضوحا منطقة جبال أطلس، اذا ما عبرناها فى قطاع يمتد من الساحل عند منسوب البحر، ونعلو مع الجبال الى منسوب يزيد على ٣٠٠ متر ، ثم نهبط الى هضبة الشطوط، ونرقى شواحق أطلس الصحراء، ثم ننزل الى الصحراء الجرداء .

### الرطوبة :

تتباين الرطوبة من مكان لآخر تباينا كبيرا . وعلى الرغم من ان معدلاتها منخفضة بصفة عامة بسبب سيادة الظروف الصحراوية ، فان بعض أجزاء العالم العربى يتميز برطوبة عالية . ولقد تمبب الأسطح المائية الداخلية ازديادا فى الرطوبة ، لكن تأثيراتها تكون محلية ، مثل حوض البحر الميت وأودية النيل والفرات والدجلة . أما أكثر المناطق رطوبة فتتمثل فى النطاقات الساحلية . فحيثما ظاهر السهول الساحلية حائط جبلى، فانه يركز الرطوبة التى تأتى بها نسائم البحر فيها ، لأنها لا تتمكن من الانتشار بالداخل . وحيثما تقترن الرطوبة بالحرارة تصبح ظروف الحياة صعبة خاصة فى فصل الصيف حينما تدلف كميات كبيرة من الرطوبة من البحر الى اليابس . وتشتهر سواحل الخليج العربى بهذا الجو الصعب الاحتمال والذى يبعث على الضيق . وتتأثر سواحل البحر الأحمر ، وسواحل البحر المتوسط بظروف مماثلة ، لكنها أقل حدة وأكثر تحملا .

وتبلغ الرطوبة أقصاها فى النطاقات الساحلية أثناء أشهر الصيف ، رغم أن كثيرا منها (سواحل البحر المتوسط ومعظم سواحل البحر الأحمر والخليج العربى) يخلو من تساقط المطر ، لكن الندى يتكرر حدوثه فى عدد من أيام السنة يتراوح بين ٢٠٠ - ٢٥٠ يوما . وتعادل كمية المياه التى يفرزها نحو ربع كمية المطر السنوى ، ويزود الندى النبات بنحو ربع احتياجاته من الرطوبة فى بعض المناطق . وتنخفض الرطوبة النسبية بطبيعة الحال فى الداخل، لكنها تزداد فى الشتاء حينما تهب تيارات هوائية عربية أو شمالية، ولهذا يتكون الضباب، خاصة فيما جاور المجارى المائية والمستنقعات.

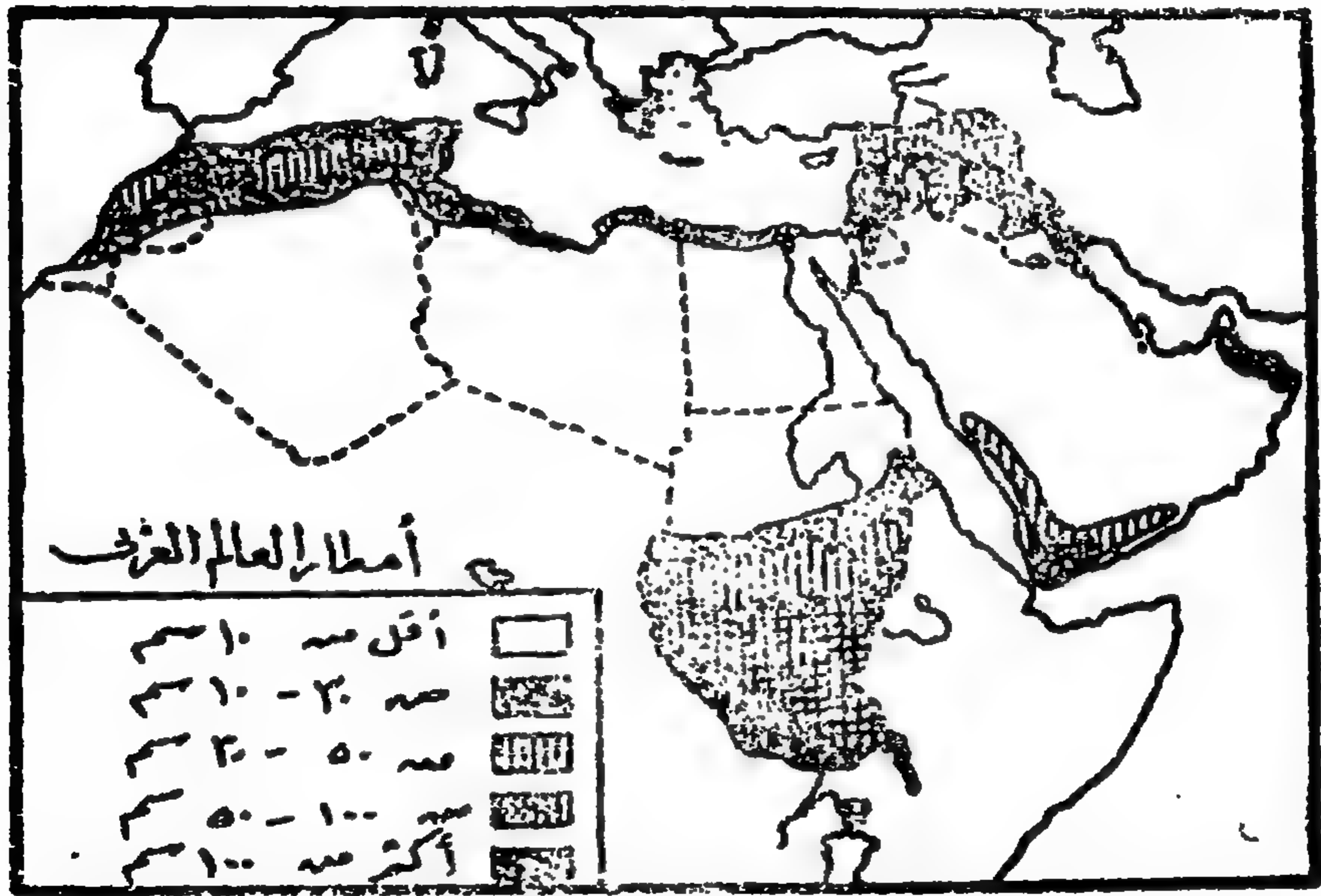
### الأمطار :

يسود الجفاف أجزاء واسعة من اراضى العالم العربى ، ممثلة فى النطاق الصحراوى العظيم الممتد فى شمال أفريقيا من المحيط الأطلس الى البحر الأحمر ، وعبره الى صحراء شبه جزيرة العرب وبادية الشام . وقد



سبق أن شرحنا أسباب تكوينه ممثلة في هبوط الهواء من طبقات الجو العليا فوق النطاق ، فيتعرض لتسخين ديناميكي ، يتسبب في تخفيض الرطوبة النسبية ، واستقرار الجو ، واضعاف نشاط الحمل الحرارى . وكل ذلك من شأنه احداث الجفاف . أضف الى ذلك أن النطاق يكون ذا ضغط مرتفع تتفرق عنده الرياح . وعنده يسود الاستقرار وتضعف الاضطرابات التي تسبب تساقط المطر . كما أن الرياح التي تسود النطاق صيفا شمالية ، صادرة أصلا من اليابس الأوراسى ، ولهذا فانها جافة ، إضافة الى أنها تزداد حرارة بالاتجاه جنوبا ، فلا تسقط مطرا على الإطلاق .

وتسقط الأمطار في الشتاء على الأجزاء الشمالية من العالم العربى ، بينما تسقط في الصيف على أطرافه الجنوبية . وقد سبق لنا تحليل ذلك . ويبقى أن ندرس هنا موضوعات تخص كمية المطر وتوزيعه ونظامه في كل من فصلى الصيف والشتاء .



شكل رقم (١١٩) أمطار العالم العربى

#### الأمطار صيفا :

سبق أن أوضحنا سبب المطر الصيفى فوق هضاب اليمن (والحبشة) ومرتفعات عسير ، وسهول السودان الجنوبية والوسطى . وقلنا أن السبب الرئيسى يرجع الى عمليات رفع الهواء الرطب من المحيط الهندى تضاريسيا في حالة المرتفعات ، وبسبب النشاط الحرارى (التصاعدى والانقلابى) في

حالة السهول ، ورأينا كيف يساعد التيار النفاث المدارى على احداث الاضطراب وجلب مزيد من الهواء الرطب ، ومن ثم ازدياد تساقط المطر .

وطبيعى ان كمية المطر تقل ، كما يقصر موسمه بالاتجاه شمالا بعيدا عن مصدر الهواء الرطب . ففي السودان تبلغ كمية المطر في نيمولى نحو ١١٠ سم تسقط في أكثر من عشرة أشهر (بين فبراير ونوفمبر) وفي جوبا ٩٥ سم ، يتم سقوطها في ٩ أشهر ، وتبلغ في الملكال ٨٣ سم تنهمر في نحو ٦ أشهر ، بينما تهبط الكمية الى ٣٥ سم في الابيض وتسقط في نحو ٤ أشهر ، ثم الى ١٥ سم في الخرطوم حيث ينحصر سقوطها في نحو ٣ أشهر . وإلى الشمال من الخرطوم ينعدم المطر أو يكاد . هذا ويسقط على نطاق الحدود السودانية مع زائير وأوغندا نحو ١٥٠ سم فيما يعرف بالمناخ الاستوائى الذى يستوعب العام كله ، والذى يتميز بقمى مطر في الربيع والخريف .

ويتساقط المطر فوق هضبة اليمن صيفا فيما بين يونية وسبتمبر ، ويكون مصحوبا برعد وبرق . ويكثر المطر فوق الاقليم الجبلى المرتفع ، ويقل على ساحل تهامة ، وفي المناطق الداخلية بالاتجاه شرقا ، كما يكثر في الجنوب ويقل بالاتجاه شمالا . فأمطار تعز (٦١ سم) أكثر من أمطار صنعاء (٣٠ سم) ، وأمطار صنعاء أكثر من أمطار صعدة (١٥ سم) . هذا ويقل المطر كثيرا في سهول تهامة ، فلا يزيد المطر في الحديدة على ٦ سم ، وفي عدن ٥ سم في السنة .

وبالمثل تسقط أمطار موسمية صيفية فوق الجبال الجنوبية الغربية من المملكة السعودية ، وتبلغ كمية المطر أقصاها في منطقة عسير حيث تبلغ نحو ٥٠ سم ، وتتناقص الأمطار بسرعة نحو الداخل ونحو الشمال .

### الأمطار شتاء :

تتميز أراضى العالم العربى المطلة على البحر المتوسط بنمطه المناخى المعروف : فالصيف جاف والشتاء ممطر . ففي فصل الصيف تعمل الضغوط المرتفعة المrabضة فوق غربى البحر المتوسط ، وشمالى أفريقيا كنطاق حدى فيما بين الضغوط المنخفضة فوق شمال الأطلسى وجزيرة قبرص من جهة ، وبين الضغوط المنخفضة الموسمية فوق الخليج العربى وشرق أفريقيا من جهة أخرى ، وبالتالي تمنع المؤثرات المحيطية الآتية من الغرب من الوصول الى سواحل العالم العربى ، فتبقى جافة .

ويبدأ المطر في التساقط اعتبارا من أوائل الخريف ، حينما تختفى الكتل الهوائية الصيفية الجافة ، وتحل محلها تيارات هوائية رطبة مضطربة

كمية الأمطار السنوية

كمية الأمطار بالملليمتر	محطة الرصد	كمية الأمطار بالملليمتر	محطة الرصد
٣٩٠ ١٥١	الموصل بغداد	١٦٩ ٦٣	لا سكندرية بور سعيد
٢٤٠ ٦٥٠	دمشق اللاذقية	٢٢ ٥	القاهرة أسيوط
٧٤٥ ٥١٧	طرابلس بيروت	١ أثر	أسوان الداخلية
٢٧٣ ٢٧	عمان العقبة	١٥٠ ٨٣٠	الخرطوم المالكا
٥٢٩	القدس	٩٥٠	جوبا
٢٥ ١٠٠ ٤٠٠	جدة الرياض أبها	٥٦٢ ٤٧٤ ٤٠	مقديشو كسمايو علولا
٦١٠ ٣٠٠	تعز صنعاء	٣٦٧ ٥٦٩ ٦٩٠ ٣٣	طرابلس بنغازي البيضاء سبها
١٠٠	مسقط	٤٢٠ ٧٥٠ ٨٢٥ ٤٠٠	تونس الجزائر طنجة الدار البيضاء
١٠٠	مسافي	٢٤٠	مراكش
٦٠ ٧٠	الدوحة المنامة		
١٢٢ ١٢١	الكويت الأحمدي		

آتية من الغرب . ويبدأ موسم المطر برخات خفيفة قصيرة الأمد في شهر سبتمبر ، لكنها تزداد غزارة ويطول أمدها مع نهاية أكتوبر ، مؤذنة بانتهاء الصيف تماما . ومع هذا فإن الجو يغلب عليه الصحو حتى ديسمبر ، حينما يبدأ الموسم الماطر الحقيقي الذى يبلغ ذروته في أواخره أو أثناء شهر يناير .

ويكون شهر يناير أكثر الشهور مطرا في سواحل المغرب العربى وليبيا ومصر ، وبالاتجاه شرقا يتأخر أغزر الشهور مطرا الى فبراير . ففي سوريا على سبيل المثال تكون قمة المطر في يناير في أقصى غربها ، وفي أجزائها الأخرى ، بينما تتأخر ذروة المطر في شرق العراق الى شهر مارس . ويرجع السبب في ذلك الى تأثير الضغط المرتفع الذى ينشأ حينئذ في شرقي العراق وفي ايران بسبب البرودة الشديدة ، والذى يمنع وصول المنخفضات الجوية المتحيرة اليها ، فلا تصلها الا مع بداية الربيع حينما ترتفع الحرارة ويتلاشى ذلك الضغط المرتفع ، ومع حلول شهر يونيو ينتهى تماما فصل المطر ، ويحل الجفاف بسواحل العالم العربى المطلة على البحر المتوسط .

ويتحكم في توزيع المطر في سواحل العالم العربى على البحر المتوسط عاملان هما : التضاريس ، وموقع اليابس والماء بالنسبة للرياح الحاملة لبخار الماء . وينبغى أن نشير هنا الى أن معظم العالم العربى قارى ، لا يتأثر بالبحر الا في نطاقات محدودة نسبيا . وتبعاً لهذا فإن الكتل الهوائية التى تصل بلدان العرب من الغرب ، تفقد كثيرا من رطوبتها رغم صدورها من المحيط الأطلسى ، ولولا أنها تصادف البحر المتوسط فتجدد حمولتها من بخار الماء لما سقط المطر الكثير في بلدان العرب الشرقية .

ويتناسب مقدار المطر الساقط مع طول الساحل ، خصوصا منه المواجه للغرب . ويتضح ذلك حينما نقارن أمطار شبه جزيرة برقة الليبية التى يواجه ساحلها الغربى السهل خليج سيرت ، بأمطار الساحل المصرى الذى يطل شمالا على البحر المتوسط . فبينما يسقط نحو ٢٧ سم من المطر الشتوى فوق بنغازى التى تقع على الخليج مواجهة للرياح الغربية مباشرة ، لا يصيب بور سعيد سوى ٧ر٧ سم فقط . وتتضح سعة البحر المتوسط وعظم مياحته فيما يصيب بلاد الشام من مطر كثير ، وضيق البحر الأحمر فيما يصيب شبه الجزيرة العربية من مطر قليل .

وتمارس التضاريس تأثيرا مهما هي الأخرى ، ربما أهم من تأثير الموضع وشكل الساحل وتوجيهه . ولقد سبق أن قلنا أن معظم أمطار شتاء بلدان العرب ناشئة عن ظروف الجو غير المستقرة ، والتى تنجم هنا في



معظمها من رفع التيارات الهوائية بسبب اصطدامها بالسلاسل الجبلية ،  
وينشأ مطر الجبهات الدافئة على امداد مسافة رأسية تبلغ زهاء ٨ كم ، كما  
يحدث مطر الجبهات الباردة حيثما يحدث الاضطراب بسبب رفع الهواء  
الفجائي فوق التضاريس العالية ، بينما يقل المطر حيثما هبط الهواء  
سريعا من فوق سلاسل الجبال الساحلية نحو السهول الداخلية وذلك عن  
طريق التسخين الذاتي Adiabatic Heating .

وتبعاً لذلك فإن العامل الطبوغرافي يكون بالغ الأثر ، لدرجة أن  
التماطر (خطوط المطر المتساوية) تتمشى مع خطوط الارتفاعات المتسوية ،  
مع كثرة في المطر فوق السفوح الغربية المواجهة للتيارات الهوائية الرطبة ،  
وقلة فيه فوق السفوح الشرقية والسهول الداخلية في الشرق . وإن انحناء  
خطوط التماطر التي تتمشى مع القوس الجنوبي الشرقي الذي تصنعه جبال  
طوروس نحو جبال راجروس ، هو الذي تسبب في نمو الحشائش وبالتالي  
في غنى ما يسمى بمنطقة «الهائل الخصيب» . والعامل التضاريسي هو  
السبب في التباين المناخي الاقليمي الحاد في مجال مسافات أفقية قصيرة .  
ففي رحلة قصيرة ينتقل المرء خلالها من سهل البقاع القليل الرطوبة لوقوعه  
في ظل المطر ، الى أعلى جبال لبنان الغربية وسفوحها المطلّة على البحر  
حيث المطر الغزير .

ولما كان منظر شتاء بلدان العرب يحدث نتيجة لأحوال جوية غير  
مستقرة ، فإنه يكون في العادة غزيراً ، لكنه يسقط أثناء فترات قصيرة ،  
كما أنه متذبذب في الكمية وفي التوزيع . وعلى الرغم من أن كمية المطر  
التي تسقط على السفوح الغربية لبلاد الشام المطلّة على البحر المتوسط  
تزيد على ٧٠ سم ، وهي كمية كبيرة تعادل ما يسقط على أجزاء من الجزر  
البريطانية طوال العام ، فإنها هنا مركزة في حوالي ستة أشهر ، كما أن  
الأيام الممطرة في أكثر الشهور مطرا تتراوح بين ١٤ - ١٨ يوماً فقط .

ويسقط المطر مدراراً في وقت قصير للغاية ، فقد يسقط ٣ سم من المطر  
في الساعة . ففي عام ١٩٤٥ سقط على دمشق صباح يوم من أيام شهر يناير  
نحو ١٠ سم من المطر ، رغم أن ما يسقط عليها في السنة يبلغ ٢٤ سم في  
المتوسط . وكثيراً ما تحطم مياه الأمطار السيلية طرقاً بكاملها ، كما حدث في  
وسط السعودية حينما اجتاحت سيول ليلة ممطرة عام ١٩٦٩ طريقاً عريضاً  
حديث الرصف طوله ٤٠٠ كم . ولقد تسقط أمطار غزيرة في هيئة وابل على بقعة  
محدودة ، وغير بعيد عنها تكون السماء صافية ، والأرض جافة . وتعاني  
التربة من الانجراف بسبب أمطار السيول الشديدة القصيرة الأمد ، ذلك أن  
الجريان السطحي يكون عارماً قادراً على حمل كميات عظيمة من الفتات  
الصخري الذي يتفاوت في أحجامه حتى ليصل أحياناً الى أحجام الجلاميد .

وتتفاوت كمية المطر الساقطة في نفس المكان تفاوتاً كبيراً من عام لآخر .  
فلقد بلغت النهاية العظمى للمطر في الاسكندرية ٣١٥ سم والصغرى ٣٣ سم ،  
وفي بور سعيد ١٣ سم للعظمى ، و ١٣ سم للصغرى ، وفي القاهرة ٦٤ سم  
للعظمى و ١٥ سم للصغرى . وفي القدس وصلت العظمى الى ٩٥ سم ،  
والصغرى ٢٧ سم ، وفي عمان ٤٨ سم للعظمى ، و ١٣ سم للصغرى .  
وفي بغداد بلغت العظمى ٣٣٦ سم والصغرى ٧٢ سم . وفي البحرين : العظمى  
١٧ سم والصغرى ١ سم . وفي عدن : العظمى ٩٣ سم والصغرى ٨ سم .

### الأقاليم المناخية :

يحسن دائماً عند دراستنا الجغرافية لبيئة منطقة معينة ، أن يكون  
لدينا إطار معين بسيط في حدوده نبحث مختلف العوامل المترابطة .  
وتزودنا التصنيفات المناخية بمثل هذا الإطار ، ذلك أنها تأخذ في الحسبان  
عدداً من العناصر المتكاملة ، والتي من أهمها الحرارة والمطر . وهذه  
بدورها ذات تأثير مهم في تكوين التربة ، ونمو النبات ، واستخدام  
الإنسان للأرض .

ولعل أفضل التصنيفات المناخية تصنيف كوبن Koeppen المذى طوره  
Geiger وأدخل عليه بعض التعديلات . فلقد تبين كوبن أن النطاقات أو  
الأقاليم النباتية الرئيسية تحددها ضوابط مناخية ، ولهذا فإنه وضع حدود  
أقاليمه المناخية منطبقة على تخوم الأقاليم النباتية الرئيسية .

وتتمثل في العالم العربى ثلاثة أنواع مناخية رئيسية من تصنيف كوبن  
هى المناخ الحار الرطب الذى لا يتضح فيه شتاء وذلك فى الجنوب الأقصى  
للسودان ، والذى يتعدل الى مناخ مدارى رطب موسمى المطر فى وسط  
السودان وشماله حتى حوالى دائرة عرض الخرطوم ، ويمكن أن نتبع له  
اليمن وجنوب غرب السعودية مع التجاوز . أما النمطان الآخران فيسودان  
معظم أنحاء العالم العربى ، وهما : المناخ الجاف بقسميه : شبه الجاف ،  
والجاف ، ثم المناخ ذو الشتاء المعتدل .

وهناك تقسيم مناخى آخر للعالم العربى أكثر شمولاً أقامه بحاث  
منظمة الزراعة والغذاء واليونيسكو كجزء من برنامج أبحاثهم فى المناطق  
الجافة . وقد بنى هذا التقسيم على أساس عنصرى الحرارة والمطر ، وعلى  
عدد الأيام المظيرة ، وكميات الرطوبة فى الجو ، والضبَاب والندى ، وذلك  
لاصطناع تأثيرات العناصر والعوامل المناخية على الكائنات الحية .

ونحن هنا نأخذ بالتقسيم الأبسط والأكثر شيوعاً ، واضعين فى الحسبان  
مختلف التصنيفات المناخية الأنفة الذكر .

## ١ - نوع مناخ البحر المتوسط :

يشيع في أراضى العالم العربى المطلة على البحر المتوسط في المغرب العربى ، وليبيا (طرابلس وبرقة) ومصر (تجاوزا) وفلسطين المحتلة ولبنان وسورية . ويتميز هذا النوع بالصيف الحار الجاف ، والشتاء المعتدل الدفيء الممطر ، وبسطوع الشمس وصفاء الجو معظم السنة .

وفيه ترتفع حرارة الصيف ، فيتراوح متوسطها بين ٢١ - ٢٧°م . ونظرا لسطوع الشمس طوال النهار ، فان الحرارة ترتفع كثيرا ، كما أن صفاء الجو ليلا يسمح للاشعاع الأرضى بالتبدد ، ومن ثم يظهر مدى حرارى يومى كبير .

وتنخفض حرارة الشتاء ، فتتراوح بين ٥ - ١٠°م . وقليل ما يظهر البرد القارس ، فهذا النوع المناخى ضمن المناخات المعتدلة الدفيئة . لكن المدى الحرارى اليومى والفصلى والسنوى كبير . فالفرق الحرارية بين ١٦ - ١٨°م من الخصائص المعهودة في هذا النوع المناخى .

وصيف هذا النوع المناخى جاف ، لوقوع أراضيه ضمن نطاق الضغط المرتفع دون المدارى حيث الهواء الهابط ، ونطاق تفرق الرياح ، والاستقرار الجوى ، ولأنه يقع في مهب رياح شمالية وشمالية شرقية تأتيه من اليابس الأوراسى جافة .

أما شتاؤه فماطر ، بسبب تعرضه للاضطرابات الجوية التى يسببها مرور الأعاصير ، سواء منها ما ينشأ في نطاق البحر المتوسط ذاته ، أو ما يجدد نشاطه وحيويته فيه ، آتيا في الأصل من المحيط الأطلسمى . ويعمل التيار النفاث في أجواء البحر المتوسط المرتفعة على انعاش وتقوية المنخفضات الجوية . ويسقط المطر في الستة أشهر المكونة للنصف الشتوى من السنة ، لكن معظمه يتركز في أشهر الشتاء الثلاثة : ديسمبر ويناير وفبراير .

ويسقط المطر مدرارا في هيئة وابل ، وفي سويغات قليلة ، ونادرا ما يستمر يوما كاملا . وتتفاوت كمية الأمطار من مكان لآخر ، ومن سنة لأخرى كما رأينا . وذلك تبعا لشكل السواحل ، واختلاف التضاريس . فيزداد على السواحل وفوق السفوح الغربية المواجهة لمرور التيارات الهوائية الرطبة بينما يقل في الجهات السواقعة في ظل المطر ويزداد بطبيعة الحال بجوار البحر ، ويقل بالابتعاد عنه . كما وقد يهطل غزيرا في سنة لكثرة تكون الأعاصير وورودها ، ويقل في سنة أخرى لاضمحلال تكونها وضحولتها .

ورغم قلة الأمطار الشتوية في كثير من سواحل بلدان العرب ، فان



سقوطها في موسم انخفاض الحرارة يزيد من قيمتها الفعلية ، فلا يتبدد من مياهها الكثير بالتبخر ، مما يتيح الفرصة للاستفادة منها في الزراعة ، وفي الرعي وفي انماء الثروة الحرجية .

### نوع المناخ الجاف (الصحراوي الحار) :

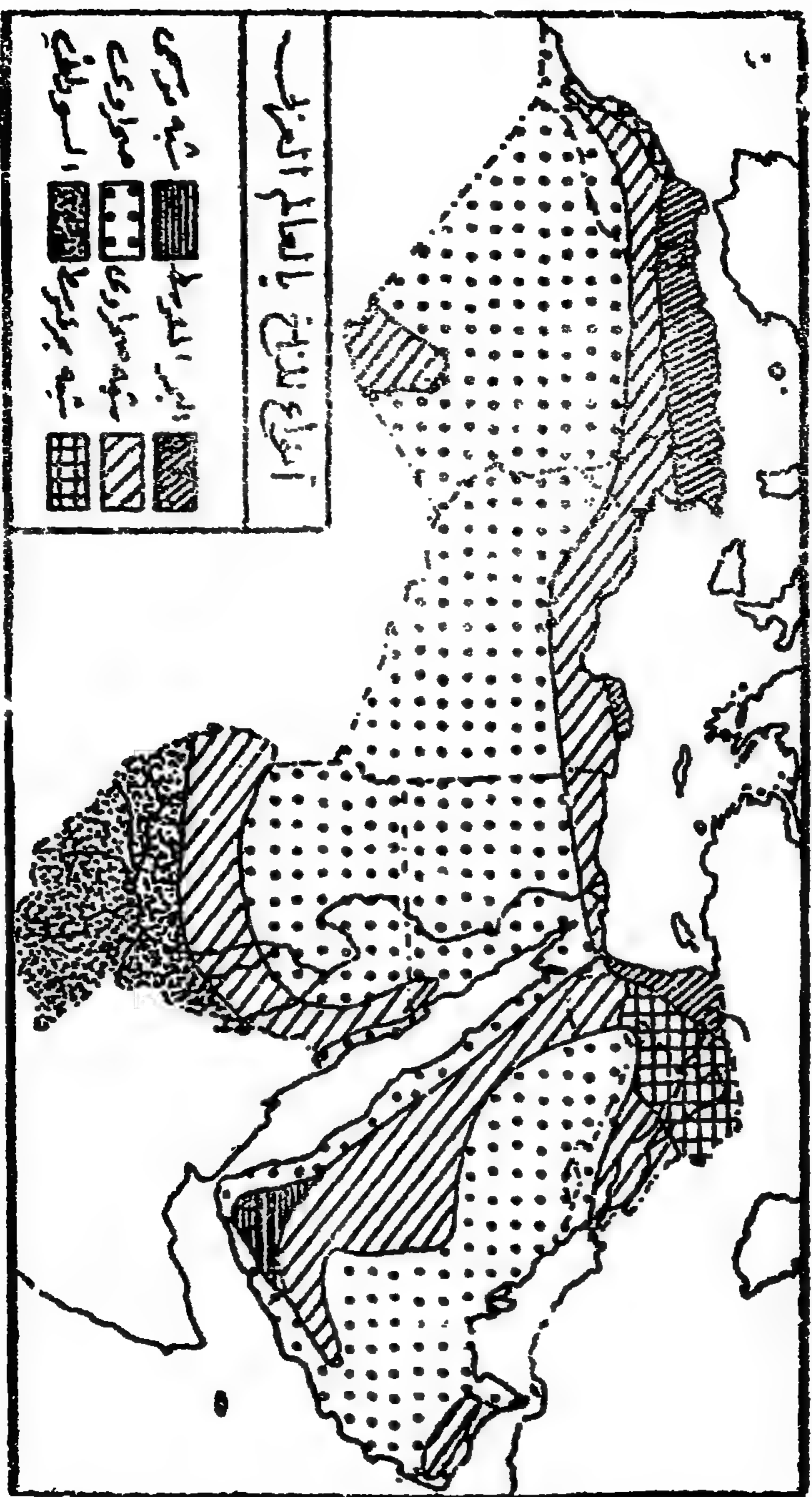
ويسود معظم مساحة العالم العربي التي تقع بين دائرتي عرض ١٨ - ٣٠ شمالا ، فيما بين المحيط الاطلسي غربا الى الخليج العربي شرقا ، ويشمل الصحراء الكبرى الاثريقية العربية ، وصحراء شبه الجزيرة العربية ، كما يشمل ما من النطاق الساحلي للصومال .

ويرجع السبب في نشأتها الى وقوعها في غربي القارات ، فتصلها الرياح الشرقية جافة ، كما انها مهبط للرياح الذي تزداد حرارته بالهبوط ، ومنها تتوزع الرياح انسطحية ، فهي منطقة استقرار هوائى . وعلى الرغم من وقوع موريتانيا على المحيط فانها لا تتلقى من المطر سوى القليل الذي ينحصر في الساحل دون الداخل ، ذلك أن التيار المائى المحيط المعروف باسم تيار كنارى البارد الذى يمر بسواحلها يسلب الهواء الاتى من المحيط رطوبته ، فيصل اليابس الموريتانى جافا .

ويتميز هذا النوع المناخى بالحرارة المرتفعة في فصل الصيف ، والتي يبلغ متوسطها ٣٥°م ، لكن الترمومتر يسجل نهايات عظمى تصل الى ٥٠°م ، أما النهاية الصغرى فتبلغ نحو ٢٢°م . لهذا فالمدى الحرارى اليومى كبير جدا . وترجع حرارة نهار الشتاء الى حوالى ٢٣°م في المتوسط ، لكن نهايتها العظمى تصل كثيرا الى نحو ٢٧°م . وليالى الشتاء باردة ، قد تهبط فيها الحرارة الى الصفر ومادونه ، حتى ليتكون الصقيع فوق اسطح مياه الآبار والمناقع . ومتوسط النهايات الصغرى شتاء يراوح ٥°م . ومن الواضح أن المدى الحرارى اليومى شتاء كبير ، والمدى السنوى كبير أيضا . والواقع أن نوع المناخ القارى المتطرف في حرارته يتمثل أفضل تمثيل في صحارينا العربية .

والجفاف سمة مميزة لهذا النوع المناخى . والمطر نادر ، وطارىء متذبذب في كميته وفي فصليته . وحين يسقط المطر ، ربما كل بضع سنوات مرة ، يكون غزيرا مركزا في ساعة او نحوها ، فيملا الوديان والشعاب بالمياه التي تجرى في سيول عارمة ، تكتسح كل ما يصادفها من مراكز العمران والطرق والجسور ، وتسبب أضرارا بالغة . وسبب هذه الأمطار الطارئة الأعاصير الضالة ، التي تنحرف عن مسارها ، وتتوغل جنوبا ، وقد يمتد أثرها الى بلدة مصوع بارتيريا . وامثال هذا المطر المفاجئ الطارىء هو الذى يملأ أودية صحراء مصر الشرقية بالمياه كل بضع سنوات





شكل رقم ( ١٢٠ ) أنواع المناخ بالعالم العربي

مرة ، ويسبب الكوارث في محافظة قنا . وقريب الى الأذهان التخريب الذي أحدثته سيول عامى ١٩٧٩ و ١٩٨٥ ، وسيول نوفمبر ١٩٩٤ .

### ٣ - نوع المناخ شبه الجاف (شبه الصحراوى) :

ويتمثل فى هوامش هذه الصحارى العربية الشمالية المتاخمة لنطاق مناخ البحر المتوسط ، والجنوبية المجاورة لنطاق المناخ السودانى (المناخ المدارى الممطر أو مناخ السفانا) ، ونحن نفضل هذه التسمية ، أى «المناخ شبه الجاف» ، على تسميته بمناخ الامتبس (كما يسميه كل من كوين وتريوارتا) لما وقر فى الأذهان من اقتران حشائش الامتبس بأنواع المناخ المعتدل الدفيء والمعتدل البارد . وهو مناخ انتقالى بين المناخ الجاف (الصحراوى الحار) من جهة ، والمناخين البحر المتوسط والسودانى من جهة أخرى .

ولهذا فاننا نقسمه الى قسمين هما :

#### ١ - نوع المناخ شبه الجاف الممطر شتاء :

ويشمل أراضى العالم العربى الممتدة على طول الحدود الشمالية للصحراء الكبرى الأفريقية العربية ، بينها وبين جهات مناخ البحر المتوسط ، كما يتمثل فى شمال شبه جزيرة العرب وبادية الشام والعراق وتسقط أمطاره شتاء بسبب تمكن بعض الأعاصير التى تهب على جهات مناخ البحر المتوسط المجاورة من الوصول الى الأراضى التى يسودها . أما فى الصيف فيسوده الجفاف الشامل ، بسبب وقوعه تحت تأثير الضغط المرتفع المدارى ، وما يصاحبه من تيارات هوائية جافة . ورغم قلة المطر ، فإن سقوطه فى الفصل البارد يجعل له قيمة فعلية فى نمو الأعشاب والحشائش وفى الزراعة أيضا . لكن عدم انتظام سقوط المطر وتذبذب كميته من سنة لأخرى ، يجعل الاعتماد عليه فى الزراعة غير ممكن ، الا اذا توفرت موارد مائية أخرى تساعد فى سقاية المزروعات خاصة فى سنوات الجفاف .

#### ب - نوع المناخ شبه الجاف الممطر صيفا :

ويتمثل فى النطاق الممتد على الهوامش الجنوبية للصحراء الكبرى ، وفى أجزاء من الصومال وجيبوتى وارتيريا . وحرارة هذا النوع مرتفعة وتبلغ أقصاها قبيل سقوط المطر فى شهر يوليو ، حين تبلغ درجتها نحو ٣٨°م كمتوسط شهرى ، لكنها تهبط فى شهر يناير ، وهو أبرد الشهور ، فتصل الى نحو ٢١°م كمتوسط شهرى . لكن المدى الحرارى اليومى والفصلى والمنوى كبير جدا . وتسقط الأمطار صيفا فى شهرين هما : يوليو وأغسطس ، وكميتها كبيرة نوعا ، بالقياس الى كمية الأمطار التى تسقط فى نطاق النوع

شبه الجاف المتاخم لمناخ البحر المتوسط ، لكن يعيبها سقوطها في الفصل الحار ، مما يقلل من قيمتها الفعلية بالنسبة للنمو النباتي .

#### ٤ - نوع المناخ المدارى الممطر صيفا :

ويطلق عليه أحيانا مناخ السافانا . ويمكن تقسيمه الى قسمين حسب المناطق التى تسودها : نوع المناخ السودانى ، ونوع المناخ شبه الموسمى (القليل المطر) .

#### ١ - المناخ السودانى :

يسود أراضى السودان الواقعة بين دائرتى عرض ٥ - ١٥ شمالا ، فيما بين نوع المناخ الامتوائى جنوبا ونوع المناخ الجاف شمالا . ويتميز بوجود فصل جاف ، وبارتفاع حرارته على مدار السنة . وتبلغ الحرارة أقصاها في الفصل الجاف خاصة قبيل سقوط المطر ، بينما تبلغ أدناها في فصل المطر، وهى على أى حال لا تقل عن ١٨°م في أى فصل من فصول السنة .

ومطر المناخ السودانى من النوع الانقلابى . وسببه تيارات الحمل ورفع الهواء الرطب من المحيط الهندى ، ومساعدة التيار النفاث في طبقات الجو العليا على احداث الاضطرابات الجوية ، وجلب الكثير من الهواء الرطب ، ومن ثم ازدياد هطول المطر ، مصحوبا بزوابع البرق والرعد . وتتميز أمطار المناخ السودانى عموما بالتفاوت في كمياتها من عام لآخر .

ويمكن تمييز ثلاثة فصول مناخية في اطار المناخ السودانى هي :

- فصل حار ممطر ، تسقط أثناءه الأمطار التى تعمل على خفض درجات الحرارة بسبب كثرة السحب ، ويقل فيه المدى الحرارى اليومى ويطول هذا الفصل في أقصى جنوب السودان حتى ليبلغ أكثر من تسعة أشهر ، لكنه يقصر بالتدريج كلما اتجهنا شمالا حتى يصير ثلاثة أشهر حول الخرطوم . ويمكن القول بصفة عامة بأن موسم المطر ينحصر بين شهرى مايو ونوفمبر من كل عام . وتتراوح كميته بين ٥٠ - ١٥٠ سم .

- فصل حار جاف ، ويبدأ من مارس حتى بداية سقوط المطر في مايو أو في يونية ، وترتفع فيه درجة الحرارة، وتزيد نهايتها العظمى على ٤٠°م .

- فصل معتدل نوعا وجاف ، يبدأ من أواخر نوفمبر حتى نهاية فبراير تقريبا . وهو فصل الشتاء ، الذى تهبط فيه درجة الحرارة ، وتنخفض الرطوبة النسبية كثيرا ، وعادة لا ترتفع الحرارة عن ٣٢°م .

## ب - نوع المناخ شبه الموسمي :

يسود جنوب غرب شبه جزيرة العرب ، ويشمل هضبة اليمن ومرتفعات عسير (جبال السروات) . ونظامه يشبه النوع الموسمي من حيث المطر ، لكن الكمية هنا متواضعة جدا لا تزيد على ٦٠ سم في السنة ، وتسقط في فصل الصيف ، بسبب عمليات رفع الهواء الرطب من المحيط الهندي والبحر الأحمر تضاريسيا .

والحرارة مرتفعة ، لكنها تقل بالارتفاع على سفوح المرتفعات ، بينما تبلغ اقصاها في السهول الساحلية (سهول تهامة) ، وفيها أيضا ترتفع الرطوبة النسبية خاصة أثناء الصيف .

## ٥ - نوع مناخ شبه موسمي ذو مطر شتوي :

ويتمثل في الركن الجنوبي الشرقي من شبه جزيرة العرب . وهو يشبه النظام الموسمي في حرارته المرتفعة ، ورطوبته العالية أثناء الصيف ، لكن أمطاره تسقط شتاء ، بسبب تيارات هوائية تأتي من الشمال الشرقي ، وتحمل بالرطوبة عند عبورها لمياه المحيط الهندي الشمالي وخليج العرب ، وتصعد متسلقة سفوح مرتفعات جبال سلطنة عمان ، فتسقط المطر .



## الفصل الثاني والعشرون

### النبات والأقاليم النباتية بالعالم العربي

- العوامل المؤثرة في التغير المناخي .
- أنواع النبات والأقاليم النباتية .
- إقليم الغابات المدارية .
- إقليم الغابات شبه الموسمية .
- إقليم الغابات المعتدلة الدفيئة .
- نباتات الجبال .
- إقليم السافانا .
- إقليم الحشائش المعتدلة (الاستبس) .
- نباتات المناطق النهرية .
- النباتات الصحراوية .



## العوامل المؤثرة في التغير النباتي :

التركيب الحالي للنبات الطبيعي وتوزيعه في العالم العربي هو نتيجة لسلسلة طويلة من التغيرات التي سببها : الهجرة ، والتطور ، والتكيف . وقد تأثرت عمليات التغير ذاتها بعوامل أخرى خارجية يمكن إجمالها في :

١ - الموقع الجغرافي للعالم العربي كمنطقة انتقال بين الأقاليم الجغرافية الرئيسية بالعالم القديم ، ووظيفة كمعبر برى فيما بين قارتي أوروبا وآسيا وأفريقيا .

٢ - التغيرات المناخية ، خاصة الحلول التدريجي للجفاف بالمنطقة العربية منذ انتهاء العصر الجليدي .

٣ - التدخل البشري بوجهيه : التخريبي بالقطع والإزالة ، والبنائي بإدخاله لفصائل نباتية وحيوانية جديد غريبة على المنطقة .

وفي أثناء العصر الجليدي في شمال أوروبا ومرتفعات الألب ، تمكنت كثير من الفصائل النباتية التي كانت تعيش في الزمن الثالث من الهروب من الفناء ، عن طريق الانتشار جنوبا وشرقا ، ووجدت لنفسها ملاجئ في جنوب أوروبا . ومنه انتشرت جنوبا عبر جبل طارق إلى مرتفعات المغرب العربي حيث الأمطار وفيرة ، كما انتشرت إلى مرتفعات الأناضول ، ومنها إلى جبال غربي سوريا ولبنان وفلسطين ، ثم إلى جبال مدين وعسير واليمن ، وكلها مناطق وفيرة المطر قادرة على إعاشة مختلف الفصائل النباتية .

ومنذ أن حل الجفاف في أعقاب انتهاء العصر الجليدي انفصلت الأقاليم النباتية في القارات الثلاث عن بعضها ، وتوطنت وتكيفت الفصائل النباتية في بلدان العرب ، حسب ما سادها من ظروف مناخية منذ ذلك العهد .

وقد أثر الإنسان تأثيرا كبيرا في كثافة وانتشار بعض فصائل النبات خاصة خلال الألفي سنة الأخيرة . ففي مرتفعات الشام المطلّة على البحر المتوسط ، تسبب الإنسان في هلاك الغابات لدرجة غيرت المظهر النباتي تغييرا كاملا في مناطق واسعة . فلطالما أبحرت السفن حاملة أخشاب أشجار الأرض من مرتفعات لبنان إلى مصر ، وكانت الأخشاب عماد تجارة الفينيقيين واستمر استنزاف الثروة الخشبية حتى العصر الحديث ، في عهد محمد علي حاكم مصر ، الذي جلب أخشاب الأرض اللبنانية لبناء أسطوله . ولم يبق من هذه الثروة حاليا سوى عدد قليل من الأحراج التي تحميها وتصونها الدولة .

ولقد حلت المراعى الطبيعية محل الغابات . وعمل النشاط الرعوى

على منع النمو الشجرى الجديد ، كما وأن رعى الماعز أضر بالنبات الطبيعى ، فمن عاداتها التهام البراعم الجديدة من جذورها ، فلا تعطىها الفرصة للنمو والنضج . ورغم أن الجهود تبذل فى كل دولة عربية لاعادة التشجير ، فإنه يشك فى اعادة الغابات لسابق عهدها ، ذلك أن التربة قد أصابتها التعرية ، وأصبحت مناطق واسعة من السفوح مكشوفة عارية من أى غطاء رسوبى يمكن أن يملك بجذور الأشجار .

### انواع النبات واقاليمة :

تتمثل فى العالم العربى كثير من الأنواع النباتية : ففيه الغابات بأنماطها الحارة والمعتدلة الدفيئة والباردة ، وفيه الحشائش الحارة (السفانا) والمعتدلة (الاستبس) ، وفيه نبات الصحارى وأشباه الصحارى وفيه نبات المستنقعات ، ونبات الوديان النهرية ، وأخيرا نبات الجبال . وفيما يلى عرض موجز لكل نوع منها ومناطق توزيعه ومميزاته .

#### ١ - الغابات المدارية :

وتوجد فى أقصى جنوب السودان وجنوب غربه . وهى تشبه الغابة الاستوائية فى أنواعها الشجرية ، ففيها ينمو المطاط ، ونخيل الزيت ، والكابلى ، والساج ، والكاكاو ، والكولا ، وجوز الهند ، والموز ، والمنجو والساجو (نوع من النخيل) ، لكنها أقل كثافة من الغابة الاستوائية ، والنمو الشجرى كما نرى غزير ومتنوع ، وذلك بسبب الظروف المناخية المواتية ، من حرارة عالية ، ورطوبة مرتفعة ، وأمطار تكاد تكون دائمة .

#### ٢ - الغابات شبه الموسمية :

وهى محدودة الانتشار أيضا ، وتتمثل فى السفوح الغربية المنخفضة من هضبة اليمن ، والمنحدرات الواطئة المطلة على البحر الأحمر من جبال عسير ، والمشرفة على البحر العربى من مرتفعات اليمن الجنوبي (حضر موت) . وتبدو فى هيئة أحراج متفرقة ، ومتنوعة الأشجار التى من أهمها : الأثل ، والسدر ، والسند ، وتنمو فى بطون الوديان أشجار البشم والمرو ، والسيامور (وهو نوع من الجميز) . ويستفاد من أخشابها فى صناعة الأثاث ، كما يجمع الصمغ ومواد الدباغة من أشجار السنط .

#### ٣ - الغابات المعتدلة الدفيئة أو نوع نبات البحر المتوسط الدائم الخضرة :

وتنمو فى الاراضى التى تتميز بمناخ البحر المتوسط ، الحار الجاف صيفا ، والداق الماطر شتاء ، بحيث لا تقل الأمطار عن ٦٠ سم . فاذا ما قلت عن ذلك تحول النبات الشجرى الى نوع الأحراج القزمية والأعشاب . وتتمثل فى الأجزاء الشمالية من العالم العربى ، فوق السفوح المنخفضة





المطلة على البحر المتوسط في سورية ، ولبنان ، وفلسطين ، ومنحدرات جبال أطلس التل والريف ، والسفوح الغربية لأطلس العظمى . وتوجد بصورة أفقر وأكثر انعزالا وتفرقا في منحدرات الجبل الأخضر ببرقة الليبية ، وأيضا في أجزاء من سهل الجيفاره ، ومنحدرات الجبل الطرابلسي .

وينمو في أراضي العالم العربى التابعة لمناخ البحر المتوسط عدد عديد من الشجيرات والأعشاب ، كثير منها دائم الخضرة . وحيث تكثر في التربة الرقيقة ، أما التربة العميقة فقد أزيلت عنها وحلت محلها زراعة المحاصيل التقليدية التي اشتهر بها الاقليم ، والتي أهمها الكروم ، والقمح والزيتون ، وأشجار الفاكهة . وتزدهر أشجار الجوز والحوار في المناطق الرطبة . أما الصبار الذي أضحي واسع الانتشار في بلدان العرب المطلة على البحر المتوسط ، فقد جلب أصلا من الأمريكتين لزراعته حول الحقول والمنازل ، ليكون لها بمثابة الأسوار ، ثم انتشر بمرور الزمن وأصبح ينمو طبيعيا ، وأضيف لذلك الى النباتات البرى .

وتتضمن نباتات البحر المتوسط في الأراضي العربية ، عدا ما ذكرنا مجموعات نباتية مميزة . أشهرها مجموعة الماكي Maquis أو الماشيا Macchia التي تنمو على الخصوص في التربة السيليكية . ويتزاحم النمو الشجرى أحيانا حتى ليصلح ملاجئ للهاربين من العدالة . وتتضمن أمثال هذه الأدغال الكثيفة أنواعا متعددة من النباتات الدائمة الخضرة ، مثل البلوط الفلينى والاس (العطري الرائحة) والرتم ، كما تنمو أسفلها فيما بينها شجيرات وأعشاب متراصة كثيفة .

وهناك مجموعة نباتية أدنى وأقل غنى من الماكي Maquis تدعى جاريج Garrigue ولعلها أكثر انتشارا من الماكي ، خاصة في التربة الرقيقة التي نشأت في المناطق الجيرية . وهنا تنمو أشجار البلوط الدائم الخضرة الذي يتحمل الجفاف ، ولكنه بطبيعة الحال يكون أقصر ، وأكثر تفرقا . كما يزداد ظهور الشجيرات القرمزية والنباتات الشوكية ، بينما يقل النمو الشجرى الطويل الكثيف .

ونظرا لأن ادغال البحر المتوسط في بلدان العرب عادة مفتوحة ، متفرقة الأشجار ، التي تبدو في معظم الأحوال قصيرة لا يتعدى طولها المترين ، فإن الفرصة تسنح لنمو النباتات المعمرة ، التي تزهر في أعقاب أمطار الربيع ، فتبدو الأراضي وكأنها مغطاة ببساط من الورود والأعشاب الزاهية الألوان ، والطيبة الرائحة . وادغال الجاريج غالبا متقطعة غير مستمرة ، تفصل بين تجمعاتها بقاع مكشوفة من الصخر أو من تربة رقيقة ترصعها بعض النباتات .

وفي المناطق التي تزال عنها أحراج 'الماكي' غالبا ما تحل محلها ادغال

الجاريح ، خاصة حيث يكثر رعى البهائم ، التى تمنع بالتالى نمو الأشجار والأعشاب الطويلة ، ولذلك فإن الجاريح أكثر انتشارا من الماكى فى بيئة العرب التابعة لمناخ البحر المتوسط . وإذا ما كان الماكى يسود فى المغرب العربى ، فإن الجاريح يشيع فى برقة الليبية وفى معظم أراضى بلاد الشام المطلة على البحر المتوسط .

وتتميز فصائل النبات فى أراضى البحر المتوسط العربية بقدرتها على تحمل جفاف الصيف ، واحتفاظها بخضرتها رغم الجفاف . وهى تتحايى بطرق شتى كى تحتفظ بأكبر قدر من المياه فى داخلها ، ولتحصل على مزيد منه من أعماق التربة . فقد زودت الطبيعة بعضها ، للاقلال من عملية النتج ، بلحاء سميك ، وبأوراق إبرية الشكل كالصنوبر والكافور ، أو بأوراق دهنية مسدودة المسام ، ومصقولة السطح ناعمة كى تعكس الاشعاع الشمسى ، مثل أوراق الزيتون وشجر الخروب . وشكلت الطبيعة سيقان أشجار أخرى ، للحيلولة دون فقدان المياه بالعقد الكثيرة والأغصان الضامرة كاشجار التين والفسق . أما أشجار الكروم العريضة الأوراق فإنها تمتص حاجتها من الماء فى الصيف ، حين الجفاف ، من أعماق التربة بواسطة جذورها الطويلة المتشعبة .

#### ٤ - نباتات الجبال :

تتنوع النباتات وتتغير فصائلها بالارتفاع على سفوح جبال العالم العربى ، لأن الحرارة تقل تبعا للارتفاع عن سطح البحر . ويبدو ذلك واضحا فى الجبال التى تتلقى كميات طيبة من الأمطار ، مثل جبال لبنان وجبال الأطلس . والنباتات من النوع الشجرى الذى تتخلله الحشائش والأعشاب ، وفى أعالى الجبال يختفى الشجر وتظهر الحشائش الألبية . والنمو الغابى مختلط ، ولو أن لكل منسوب أشجاره المميزة السائدة . فعلى السفوح المنخفضة المطلة على البحر المتوسط والتى تتمتع بمناخه ، تنمو الأشجار الدائمة الخضرة حتى ارتفاع ١٠٠٠ متر ، ومن أهم أشجارها الزيتون ونوع من البلوط دائم الخضرة ، ويصاحبه شجر الخروب ، وفصائل من أشجار الصنوبر أصلية فى حوض البحر المتوسط ويظهر الشجر النفضى المختلط بأشجار صنوبرية قصيرة فيما بين ارتفاعى ١٠٠٠ - ٢٠٠٠ متر ، وهنا أيضا يختلط البلوط النفضى بالبلوط الدائم الخضرة وهو القلبنى الذى يعطى لحساؤه مادة تستخدم فى دباغة الجلود . ويختلف البلوط الدائم الخضرة عن البلوط النفضى فى أن أوراقه خشنة الملمس ، وأكثر سمكا ، وذات أطراف حادة مدببة .

وفى نفس المستويات الجبلية تنمو أشجار الصنوبر بأنواعه المختلفة



وتتميز جميعها بسيقان طويلة ورفيعة ، تنتهى بتيجان ذات أغصان وأوراق  
أبرية ، تبدل بأوراق جديدة على مراحل ، لتظل الأشجار دائمة الاخضرار .  
وتنمو الأشجار المخروطية فوق ارتفاع ٢٠٠٠ متر في جبال لبنان  
والأطلس وفي أعالي جبال شمال العراق ، اذ تتميز تلك الشواهد بارتفاع  
كمية التساقط من مطر وثلج في فصل الشتاء . وبينما تكثر الغابات  
المخروطية في المغرب العربى ، حيث نجد منها مساحات كبيرة ما تزال  
بكرًا في جيلها الأول ، لم تمسه يد الانسان بالقطع والازالة ، نرى غابات  
المشرق العربى ، وخصوصا في لبنان ، مجرد البقية الباقية من غطاء غابى  
غنى قديم . ذلك أن الوثائق التاريخية تكشف أن الأشجار المخروطية  
كانت تغطى مساحات واسعة من سفوح جبال لبنان الغربية ، أخذت في  
النقصان على مر الزمن ، بسبب عمليات القطع والازالة والحرق التى  
مارسها الانسان عبر أعصر التاريخ .

وأهم الأشجار المخروطية في أعلى شواطئ العالم العربى أشجار العرعر  
التي تمتاز بقدرتها على التكيف ، وتحمل الظروف المناخية المتطرفة من  
برودة وجفاف ، ويتراوح ارتفاعها بين ٢ - ٢٠ مترا . وأشجار الشربين  
والتنوب ، والسرو الايطالى التي تتميز بحجمها الكبير وارتفاع الساق  
وتعدد الأغصان ، ثم أشجار الأرز في جبال المغرب العربى وفي لبنان .

وشجرة الأرز اللبنانية شهيرة شهرة جبل لبنان نفسه . وهى رمز لبنان  
وعلمة رايته . وقد بقى على الزمن بعض منها يتوج ذروة جبل الأرز ،  
وهامة جبل المكمل ، وأعلى منطقة بشرى على مستويات تبلغ ٢٠٠٠ متر .  
ويقال أن عمر هذه الأشجار يزيد على ١٠٠٠ سنة ، ويتراوح ارتفاع  
الشجرة بين ٢٠ - ٣٠ مترا .

#### ٥ - الحشائش الحارة أو السافانا :

توجد بصورة مبعثرة في منخفضات هضبة اليمن ومرتفعات عسير  
وسلطنة عمان ، لكنها تنمو فوق مساحات شاسعة في السودان ابتداء من  
أقصى جنوبه حتى أراضي الشمالية شبه الصحراوية . ونظرا لاتساع مجال  
انتشار السافانا في السودان فقد تنوعت تبعا للتباين في كمية المطر وطول  
فصل سقوطه ، واختلف مظهرها من حيث الغنى وطول النباتات ونمو  
الأشجار فيما بينها . ولهذا تقسم السافانا في السودان الى ثلاثة أنماط تبعا  
للخصائص المصاحبة الذكر .

#### أ - السافانا العالية (الغنية أو البستانية) :

وتسود في جنوب السودان حيث يسقط ما يتراوح بين ١٠٠ - ١٥٠ سم  
في فصل الصيف الذى يمتد الى تسعة أشهر . ويبدو المنظر السائد في الصيف



أشبه ببحر مترامى الأطراف من الحشائش الطويلة التى تتخللها الأشجار ،  
أما فى الشتاء فيتحول المنظر الى أراضى مكشوفة سوداء مرصعة بالأشجار .

وتشتد كثافة السفانا ، ويزداد علوها كلما اقتربنا من النطاق الاستوائى  
جنوباً ، كما تزداد أعداد الأشجار التى تكتنفها وتتداخل فيها فى نفس  
الاتجاه ، لكن ماتزال الحشائش العالية هى المظهر النباتى السائد ، ولهذا  
تسمى أحياناً بالسفانا البستانية . وعلى ضفاف المجارى المائية التى تشق  
طرقها خلال السفانا تنمو الأشجار الضخمة وتتشابك فوقها مكونة لما يشبه  
الأروقة أو الدهاليز لهذا تسمى «غابات الدهاليز» .

والنمو النباتى سريع وغزير عقب سقوط المطر ، حتى ليصل طول  
النبات بين ٢ - ٣ متر . لكن الحشائش تجف وتحترق فى موسم الجفاف  
والحشائش ذات قيمة اقتصادية محدودة ، فهى خشنة وقليلة الأهمية كغذاء  
للماشية . ويعيش فى نطاق السفانا العالية الأسد والنمر ، والفيل والفهد ،  
والجاموس البرى والخرتيت ، والبقر الوحشى .

#### ب - السفانا المكشوفة (المتوسطة الطول) :

وتمتد فيما يلى السفانا العالية (البستانية) شمالاً الى حوالى دائرة  
العرض ١٢° شمالاً . والأمطار هنا تقل نوعاً فتتراوح بين ٥٠ - ١٠٠ سم ،  
كما يطول فصل الجفاف فيصبح بين ٤ - ٥ أشهر . ولذلك تقصر الحشائش ،  
وتصبح متوسطة الطول ، فيتراوح ارتفاعها بين ١ - ١.٥ متر . وهنا  
وهناك تنمو أشجار من عائلة السنط ، والأشجار شوكية فى الغالب وغير  
طويلة ، وذات تيجان عريضة . ومن أشجار السنط يؤخذ الصمغ العربى  
الذى تشتهر به السودان ، والذى يسهم بقدر كبير فى الاقتصاد القومى .

وفى موسم المطر تخضر السفانا ، وتمرح خلالها أعداد كبيرة من  
الحيوانات كالزراف وحمر الوحش والوعول والأسود . والحشائش ذات  
قيمة غذائية محدودة . ونظراً لجودة التربة ، فإن أراضى السفانا المكشوفة  
تزرع بالحبوب خصوصاً الذرة والدخن وكذلك الفول السودانى .

#### ج - السفانا القصيرة (الفقيرة) :

تسود النطاق الانتقالى الى الأراضى الصحراوية بالسودان . وتتراوح  
كمية المطر الماقطة بين ٢٥ - ٥٠ سم سنوياً ، وفصل الجفاف بين ٥ - ٨  
أشهر ، ولذلك فهى تزدهر صيفاً وتجف شتاء . وهى عبارة عن حشائش  
قصيرة ، تزركشها أشجار شوكية أشهرها السنط الذى ينتج الصمغ العربى .  
وموسم نمو السفانا القصيرة محدود ، لكنها ذات أهمية خاصة للرعى  
خصوصاً على هامش الصحراء فى الشمال . ويتمثل الحيوان البرى فى

النعام والغزال • وللإقليم أهمية حالية ومستقبل طيب، خصوصها في كسل وطوكر حيث تستخدم وسائل الري لزراعة المحاصيل الحارة ومنها القطن.

## ٦ - الحشائش المعتدلة أو الاستبس :

يطلق تعبير «الاستبس» على الحشائش التي تنمو في النطاق الانتقالي بين نوع المناخ الجاف ونوع المناخ المطر المعتدل الحرارة ، وقد أمكن تمييز إقليم نباتي يتفق مع توزيع الاستبس أطلق عليه علماء النبات اسم الإقليم الإيراني - الطوراني Irano - Turanian . ويتمثل أفضل تمثيل في وسط آسيا ، ويمتد غربا إلى الأناضول وشمال العراق وبلاد الشام ، وفي عالمنا العربي يقصد به النطاق الواقع بين الصحارى العربية جنوبا وإقليم البحر المتوسط شمالا . ويتصف مناخ هذا النطاق الانتقالي بالمطر القليل، فيما بين ٢٥ - ٥٠ سم ، وبالتفاوت الحرارى الكبير .

وتتوزع حشائش الاستبس في شمال العراق وأجزاء من سورية وفلسطين والأردن ، والأجزاء الشمالية من شبه جزيرة العرب (فوق هضبة اليمن والسفوح العالية من جبال سلطنة عمان حيث تعتدل الحرارة) ، وفوق هضبة برقة الليبية ، وفي مساحات كبيرة من هضاب الشطوط في المغرب العربي .

وينعدم النمو الشجرى في مناطق الاستبس المثالية . وتنمو الحشائش وتخضر شتاء في بلدان العرب الشمالية في أعقاب سقوط المطر ، ثم تختفى في فصل الصيف الجاف . وتتفاوت الاستبس في غناها تبعا لكمية الأمطار الساقطة ، ودرجات الحرارة ، ونوعية التربة . وكمية الأمطار هي الأهم خاصة في نطاق انتقالي كثيرا ما تتذبذب فيه بين الكثرة والقلّة حسبما شرحنا حين الكلام عن الأمطار .

ونطاق الحشائش هذا هو موطن البدو الرعاة ، ولا شك أنهم يعيشون دائما في خطر ، تحت رحمة المطر . فإذا ما جادت السماء بكمية مناسبة، وكانت موزعة توزيعا حسنا على أشهر الشتاء ، كانت السنة رخية . فإذا ما طال فصل المطر لأسبوع أو أسبوعين وامتد في الربيع، ازدهرت الحشائش وازدادت السنة رخاء . أما إذا شح المطر ، وتوالى الجفاف سنتين أو ثلاث ، أصيب البدو بالكوارث ، إذ تنفق أعداد كبيرة من الأغنام ويضطر البدو إلى الهجرة إلى المدن طلبا للأرزاق .

وأمثال هذه الكوارث الناجمة عن الجفاف هي التي دفعت رعاة الاستبس في قلب آسيا إلى الهجرة في هيئة قبائل بأكملها ، أو في صورة جيوش هائلة العدد ، غزت الصين شرقا ، ومنطقة العالم العربى الآسيوى وبلدان أوروبا غربا خلال أعصر التاريخ .

هذا وينمو في هضاب الشطوط بالمغرب نوع من الحشائش الخشنة

الطويلة نوعا ، والتي تدعى باسم «الحلفا» ، وهى حشائش معمرة تقاوم الجفاف . وهى تصلح لعمل الحبال والسلال والحصر ، كما يصدر قسم كبير منها ، خاصة الى فرنسا ، حيث تستعمل مادة خام لصناعة الورق .

#### ٧ - نباتات المناطق النهرية :

وتتركز فى منطقتين كبيرتين من العالم العربى هما : جنوب السودان وجنوب العراق . وواضح أن النباتات لا تتقيد باقليم أو نوع مناخى أو نباتى محدد ، وإنما تنحصر فى المناطق السهلية الرسوبية النهرية الفسيحة ، حيث يقل انحدار الاراضى كثيرا ، فتفيض مياه الأنهر ، وتغرق أراضى فسيحة ، فتنبت فيها أنواع نباتية خاصة أهمها : الحشائش المائية ، والغاب ، والبردى ، واللوتس ، والبوص ، وأم الصوف .

وتتميز سهول العراق الفيضية بكثرة وجود المنخفضات التى تشغلها البرك والمستنقعات ، التى تعرف هناك باسم «الآهوار» . وأعظم مناطق الآهوار وأكثرها اتساعا تقع حول القرنة ، وتسمى باسم هور الحمصار فى قسمها الغربى ، وباسم هور الحويزة فى قسمها الشرقى . ويضيق قسم كبير من مائية نهري الدجلة والفرات فى هذه المستنقعات .

وتتعدد النباتات بالآهوار العراقية ، غير أن السائد منها نوعان هما : القصب (الغاب) ، والبردى . أما القصب فينمو فى شكل غابات تؤلف جزرا نباتية فى وسط الآهوار ، ويبلغ طول الاراضى التى تغطيها الغابة أحيانا ٥٠ كم ، وعرضها ٣٠ كم ، ويتراوح ارتفاع القصب (الغاب) بين ٧ - ٨ مترا ، بينما يصل ارتفاع البردى بين ٢ - ٣ مترا .

ويستخدم سكان المستنقعات ، الذين يسمون «المعدان» ، القصب والبردى لبناء بيوتهم ، وللقود ، وكعلف للجاموس ، وفى صناعة الحصر التى تسمى هناك «البوارى» ، كما يأكلون جذور البردى فى بداية نموه ، وهى تشبه فى شكلها ومذاقها لب شجر النخل (الجمار) ، ويستعملون سيقان القصب الغليظة كمجاديف لتسيير القوارب .

هذا ولا تخلو مناطق الآهوار من نمو أشجار ذات قيمة اقتصادية ، سواء كان نموها طبيعيا أو صناعيا بتدخل الانسان ، أهمها أشجار النخل التى تتحمل المياه مع استمرار ارتفاع الحرارة ، والتى تكثر فى أهوار العراق إضافة الى أشجار «العرق سوس» التى تنمو على ضفاف دجلة والفرات فى مجاريها الوسطى ، ومنها يستخرج عصير صالح للشرب بعد مزجه بالمياه .

أما فى جنوب السودان : فإن نبات المناطق يكون من الكثافة بحيث يتمكن من اعاقه جريان المياه ، بل منعها من التدفق فى المجارى الطبيعية ،



خاصة أثناء الفيضان ، فتتفتح المياه على جوانب المجارى المائية ، وتغمر أراضى بين الأنهار مكونة للمناقع الفسيحة ، ولما كانت هذه الكتل النباتية تمثل عقبات حقيقية فى طريق المياه الجارية بالأنهار ، فقد عرفت باسم منطقة «السدود النباتية» . وتزداد هذه العقبات كثرة وثباتا ، حينما تقتلع العواصف المجموعات النباتية ، وتلقى بها فى المجارى المائية ، حيث تمسك بقاع المجرى ، ويتراكم من فوقها نبات جديد .

## ٨ - النباتات الصحراوية :

هى نباتات قصيرة وهزيلة، وتنمو مبعثرة فى هيئة مجموعات متباعدة، تفصل بينها أراضى جرداء . وبعضها نبات قصير العمر ، ينمو ويزدهر عقب سقوط المطر مباشرة ، ويكمل دورة حياته ويزول بسرعة ، لكن تبقى جذوره مدفونة فى التربة ، كى تعود الى الحياة والنمو مرة أخرى فى الموسم الذى تجود فيه السماء ببعض المطر، ومن أمثلتها الحابة والخردل والشعير البرى والبابونج . وقد تنمو شجيرات معمرة عند أطراف الصحارى العربية فى بيئة تنبت بها أعشاب شوكية ، من بينها شجيرات السنط ، والأثل ، والشيخ ، والحنظل ، ونخيل الدوم .

ويتحایل النبات الصحراوى المعمر على ظروف الجفاف بوسائل شتى : فبعضه يضرب بجذوره الطويلة فى الأرض بحثا ووصولا الى الرطوبة كالنخيل ، أو يكون سميك الأوراق لتخترن المياه فيها كالتين الشوكى والصبير ، أو تكون ابرية الأوراق فلا تفقد المياه بالنتح . وفى داخل صحارىنا العربية نجد مساحات شاسعة تخلو تماما من النبات ، خصوصا حيثما سادت بحار الرمال ، وما أكثرها ، التى تسمى «العروق والأدهان والاختقان والنفود» أو حيثما وجدت الصحارى الصخرية الجرداء المعروفة باسم «الحمادة» ، أو الصحارى الحصوية التى يسمونها «السريـر» .

وحيثما تتواجد بعض النباتات فى المنخفضات وبطون الوديان يرعى البدو الابل والأغنام والماعز ، كما يشتغل الانسان بالزراعة فى الواحات معتمدا على مياه العيون والآبار ، وأهم المزروعات الشعير، ونخيل التمر، والزيتون ، وبعض الفواكه والخضر .

وقد تمكن الانسان العربى من استزراع بعض المناطق الصحراوية ، اما بتوصيل مياه الأنهار اليها ، مثل توصيل مياه النيل الى أراضى مديرية التحرير فى غرب الدلتا المصرية ، وإلى نطاق الساحل الشمالى لمصر ، أو بحفر الآبار الارتوازية للافادة من مخزون الماء الباطنى فى رى مشروعات زراعية فى قلب الصحراء ، مثل مشروع الوادى الجديد فى واحات مصر بصحرائها الغربية ، ومشروعات الكفرة والجفرة واقليم فزان بليبيا ، ومشروعات منطقة القصيم بشمال السعودية ، والأحساء بشرقها .



## المراجع

### المراجع العربية :

أحمد سعيد حديد وعلى الشلش (١٩٧٨) ، جغرافية الاقاليم المناخية ، مطبعة جامعة بغداد .

أحمد سعيد حديد وعلى الشلش (١٩٧٩) ، علم الطقس ، مطبعة جامعة بغداد .

السيد خالد المطري (١٩٨٧) الجغرافية الحيوية . دار القبلة للثقافة الاسلامية ، جدة .

المنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم (١٩٧٨) ، الانسان والبيئة ، القاهرة .

جمال حمدان (بدون تاريخ) ، أنماط من البيئات ، القاهرة .

جمعة محمد أحمد (١٩٨٥) ، تلوث البيئة - الاشعاع والامان ، مكتبة الخريجي ، الرياض .

جودة حسنين جودة (١٩٩٦) ، الطبعة السادسة) شبه الجزيرة العربية ، دراسة في الجغرافيا الاقليمية ، دار المعرفة الجامعية ، الاسكندرية .

جودة حسنين جودة (١٩٩٤) ، الطبعة الخامسة عشرة) جغرافية أوروبا الاقليمية ، منشأة المعارف ، الاسكندرية .

جودة حسنين جودة (١٩٩٣) ، الطبعة التاسعة) جغرافية أفريقيا الاقليمية ، منشأة المعارف ، الاسكندرية .

جودة حسنين جودة (١٩٩٥) ، الطبعة الخامسة) الجغرافيا الطبيعية والخرائط ، منشأة المعارف ، الاسكندرية .

جودة حسنين جودة (١٩٩٤) ، الطبعة الرابعة) الجغرافيا الطبيعية لصحارى العالم العربى ، منشأة المعارف ، الاسكندرية .

جودة حسنين جودة (١٩٩٣) ، الطبعة الثانية) جغرافية الدول الاسلامية ، منشأة المعارف ، الاسكندرية .

جودة حسنين جودة (١٩٩٢) ، الطبعة الثالثة) جغرافية آسيا الاقليمية . منشأة المعارف ، الاسكندرية .

- جودة حسنين جودة (الطبعة السابعة) جغرافية البحار والمحيطات ،  
منشأة المعارف ، الاسكندرية .
- جودة حسنين جودة ( ١٩٩٥ ، الطبعة الثانية ) جغرافية لبنان الإقليمية ،  
منشأة المعارف ، الاسكندرية .
- جودة حسنين جودة ( ١٩٩٣ ، الطبعة السابعة ) جغرافية الزمن الرابع  
وعصور المطر في صحارى العالم الاسلامى ، دار المعرفة الجامعية ، الاسكندرية .
- جودة حسنين جودة ( ١٩٩٦ ، الطبعة السابعة ) العالم العربى ،  
دراسة فى الجغرافيا الإقليمية ، دار المعرفة الجامعية ، الاسكندرية .
- جودة حسنين جودة ( ١٩٩٥ ، الطبعة الخامسة ) قواعد الجغرافيا  
العامه ، دار المعرفة الجامعية ، الاسكندرية .
- جودة حسنين جودة ( ١٩٩٦ ، الطبعة الأولى ) جغرافية الاراضى  
الجافة وشبه الجافة ، دار المعرفة الجامعية ، الاسكندرية .
- روجر ريفل ودونالد شابيرد (ترجمة زين الدين عبد المقصود) ( ١٩٧٩ ) ،  
الطاقة والمناخ ، نشرة دورية تصدر عن قسم الجغرافيا بجامعة الكويت  
والجمعية الجغرافية الكويتية ، العدد ١٢ .
- زين الدين عبد المقصود ( ١٩٨١ ) ، البيئة والانسان - علاقات ومشكلات ،  
منشأة المعارف ، الاسكندرية .
- سعيد شعبان ( ١٩٧٨ ) ، الربيع ورياح الخماسين ، مجلة العلم ، العدد ٢٧ .
- عبد العزيز طريح شرف ( ١٩٧٨ ) ، الجغرافيا المناخية والنباتية ،  
دار الجامعات المصرية ، الاسكندرية .
- عبد القادر عبد العزيز على ( ١٩٨٢ ) ، الطقس والمناخ والميتيورولوجيا ،  
القاهرة .
- على على البنا ( ١٩٦٨ ) ، أسس الجغرافيا المناخية والنباتية ، بيروت .
- عبد الرحمن حميدة ( ١٩٦٨ / ١٩٦٩ ) ، علم المناخ ، دمشق .
- فتحي عبد العزيز أبو راضى ( ١٩٧٢ ) الجغرافيا المناخية للسدلتا .  
رسالة ماجستير غير منشورة ، قسم الجغرافيا - كلية الآداب ، جامعة  
الاسكندرية (بإشراف المؤلف) .
- فهى هلالى أبو العطا ( ١٩٧٠ ) ، الطقس والمناخ ، دراسة فى طبيعة  
الجو وجغرافية المناخ ، دار الكتب الجامعية ، الاسكندرية .
- محمد جمال الدين الفندى ( ١٩٧٧ ) ، الطبيعة الجوية ، مكتبة الفلاح ،  
الكويت .

- محمود حامد محمد (١٩٤٦) ، الميتيورلوجيا ، القاهرة .
- محمد متولى وزملاؤه (١٩٥٦) أسس الجغرافيا الطبيعية ، الجزء الثالث ، «الجغرافيا الحيوية» . القاهرة .
- نسيب محمد بيطار (١٩٧٣) الجغرافيا المناخية للبنان . رسالة ماجستير غير منشورة ، قسم الجغرافيا - كلية الآداب ، جامعة الاسكندرية (بإشراف المؤلف) .
- نعمان شحادة (١٩٨٣) ، علم المناخ ، الجامعة الاردنية ، عمان .
- نعمان شحادة (١٩٨٣) ، المناخ العملى ، الجامعة الاردنية ، عمان .
- يوسف عبد المجيد فايد (١٩٦٣) دراسات مقارنة للتصنيفات المناخية، المحاضرات العامة للموسم الثقافى عام ١٩٦٣ ، الجمعية الجغرافية المصرية، القاهرة . الصفحات ٦٧ - ٩٧ .
- يوسف عبد المجيد فايد (١٩٧٣) ، جغرافية المناخ والنبات ، القاهرة .
- المراجع غير العربية :

Adamson, R. G., (1973) Pollution : An ecological approach. Don Mill, Ontario.

Alissow, B. P., (1954) Dic Klimate der Erde. Berlin.

مترجم من الروسية للالمانية

Alissow, B. P., (1965) Lehrbuck der Klimatologie. Berlin.

مترجم من الروسية للالمانية

Arvil, R. (1973) Man and environment. Middiesex.

Bauman, H. (1983) Witterungslehre fuer die Landwirtschaft. Berlin - Hamburg.

Barret, E. C. (1973) Forecasting daily rainfall from satelite data. Monthly Weather Review. Vol. 101. pp. 215-222.

Barret, E. C., (1974) Climatology from Satellites. Methuen, London.

Barry, R. G., and Chorley, R. J., (1982) Atmosphere, Weather and Climate. 4th ed., Methuen, London.

Blair, T. A., (1964) Climatology, general and regional. New. York.

Blair, T. A., and Fite. R. G., (1965) Weather elements. 5th. ed London.

- Boughey, A. S., (1975) *Man and environment : An Introduction to human ecology*. Macmillan, New York.
- Bryson, R. A. (1972) *Climate modification by air Pollution* London.
- Bruce, J. P. and Clark, R. H., (1966), *Introduction to Hydrometeorology* Pergmon Press, Oxford, London.
- Budyko, M., (1974), *Climate and life*. Academic Press, New York.
- Byers, H. R. (1974) *General Meteorology*. 4th ed. New York.
- Cadet, D. and Desbois, M. (1979) Low level airflow over the western Indian Ocean as Seen from Meteosat, *Nature* Vol. 278. pp. 538-539.
- Chang, J. H., (1971) *Climate and Agriculture, An Ecological Survey*. Aldine Publishing Co.
- Charney, J. (1975) Drought in the Sahara : A biogeophysical Feedback mechanism. *Science*, 187, pp. 434-435.
- Chorley, R. J. and Kennedy, B. A., (1971) *Physical Geography : A system's approach*. Prentice - Hall International Inc. London.
- Chorley, R. J. and Haggett, P., (1983) *Models in Geography*. Methuen London.
- Cole, F. W. (1975) *Introduction to Meteorology*. 2nd ed. John Wiley, New York.
- Cole, M. M. (1964) *Biogeography in the service of man*. University of London.
- Conrad, V. and Pollak, L. W. (1962) *Methods in Climatology*. Harvard Univ. Press. Mass.
- Conrad, V. (1964,) *Fundamentals of Physical Climatology*. Cambridge Mass.
- Critchfield, H. J. (1974), *General Climatology*. Prentice Hall, Inc. Engl. Clif. New Jersey.
- Crowe, P. R. (1965), *The Geographer and the atmosphere*. Transactions, Institute of British Geographers, 36. pp. 1-19.



Crowe, P. R. (1971) Concepts in Climatology. Longman Group Limited. London.

Darlington, P. J., (1975) Zoogeography : The geographical distribution of animals.

De Martonne, E. (1957) Le climat. In : Traité de géographie Physique Paris.

Edwards, K. C. (1964) The importance of Biogeography. Geography, Vol. XLIX, pp. 85-97.

Eyre, S. R. (1978) Vegetation and Soils, a world picture. London.

Fletcher, R. J. (1969) A Proposed modification of Koppen to incorporate seasonal precipitation Journal of Geography, 68, PP. 347-350.

Galbally, I. E. and Freney, J. R. (1978), The biosphere, atmospheric composition and climate. In Climatic Change and Variability. Cambridge University Press.

Gates, E. S. (1982) Meteorology and Climatology. 5th ed., London.

Gates, D. M., (1972) Man and his environment. Harper and Row.

Geiger, R., (1965) The climate near the ground. Harvard University Press.

Geiger, R., (1966) Das Klima der bodennahen Luftschicht. Ein Lehrbuch der Mikroklimatologie. Braunschweig.

Georgi, W. (1982) Flugmeteorologie. Frankfurt am main.

Godske, C. L. (1977) Dynamic meteorology and weather forecasting. Boston, Washington.

Golgate, S. A., (1967), Tornadoes : mechanism and control. Science, 157.

Gordon, A. H., (1962), Elements of dynamic meteorology. Princeton, New York.

Gregory, S. (1969) Statistical methods and the Geographer. Longmans, Green and Co.

Gresswell, K. R., (1972) Physical geography. Longmans, Green and Co 4th ed.

Griffith, J. F., (1966) Applied climatology. Oxford University Press.

Grisollet, H. (1972) Climatologie. Méthodes et pratiques. Paris.

Grunow, J. (1985) Wetter und Klima. Berlin.

Hamilton, M. G., (1974) A satellite view of the South-Asian summer monsoon. Weather, Vol. 19. pp. 82-95.

Hare, F. K. (1963) The restless atmosphere. London.

Haurwitz, B. and Austin (1954) Climatology. New York, London.

Hendle, M. (1973) Einführung in die Physikalische Klimatologie. Berlin.

Heyer, E. (1983) Witterung und Klima. Leipzig.

Hidore, J. J. (1979), Geography of the atmosphere. The Brown Foundations of Geography Series, W.M.C. Brown Company Publishers.

Hidore, J. J. (1984) Physical geography : Earth systems. Scott. Forsman and Company.

Hobbs, J. E., (1980), Applied climatology : A study of atmospheric resources. Dawson Westview Press, Colorado.

Huff, F. A., (1972) Climatological assessment of urban effects on Precipitation at St Louis. Journal of Applied, Meteorology, 11, PP. 822-842.

Illies, J., (1974) Introduction to Zoogeography. Translated by W.D. Williams. London.

Joachim Bluethgen (1985) Allgemeine Klimatologie. Walter de Gruyter and Co., Berlin.

Johnson, R., J., (1968) Choice in classification, the subjectivity of objective methods. Annals, Association of American Geographers, 58, pp. 575-589.

Jessop, N. M., (1970). Biosphere : A study of life. New Jersey.

Kendal, H. M., and et al., (1974) Introduction to Physical geography. 2nd ed., New York.

Kellog, W., W., (1977) Effects of humen activities on global climate, Part 1. WMO Bulletin, XXVI, No. 4, pp. 229-240.

Kellog, W., W., (1978) Effects of human activities on global climate Part 2. WMO Bulletin, XXVII, No. 2 pp. 3-10.

Kendrew, W. G., (1961) The climates of the continents. Oxford, 5th ed.

Kenneth, F. et. al., (1977) The making of deserts. Climate, Ecology and Society. Economic Geography. Vol. 53.

Kessler, E., and Lee, J. T., (1978) Distribution of the tornado threat in the United States, Bulletin, American Meteorological Society 59, pp. 61-62.

Koppen, W., (1936) Das geographische System der Klimate. In : (النظام الجغرافي للمناخات) Keoppen-Geiger, Handbuch der Kilmatologie (المرجع في علم المناخ) Band 1, Teil C, Berlin.

Kula, C. J. and Kula, H., J., (1974) Increased surface albedo in the northern hemisphere. Science, 183, pp. 709-714.

Landsberg, H. E., (1968) Physical climatology. Gray Printing Co. Inc., Du Bois.

Landsberg, H. E. (1976) Concerning Possible effects of air Pollution on climate. Bulletin of American Meteorological Society, 57, No. 2, pp. 213-215.

Landsberg, H. E. (1978) Some applications of meteorology and climatology, WMO Bulletin, 27, pp. 103-105.

Lee, D. H. K. (1977) Climate and economic development in the tropics. New York.

Licht, S. (1964), Midical Climatology. New Haven, Conn.

Lorenz, E. N., (1966) The circulation of the atmosphere. American Scientist, pp. 402-420.

Lundegardh H. (1977) Klima und Boden in ihrer Wirkung auf olas Pflanzenleben. Jena.

Marotz, G. A., (1975) Urban areas Partial creators of their own atmospheric environment. Journal of Geography, 74, No. 8, pp. 494-502.

Martin, R. L. et al., (1983) Towards the dynamic analysis of spatial systems, Methuen, London.

Mather, J. R. and Yoshioka, C., A. (1968) The role of climate in the distribution of vegetation, *Annals, Association of American Geographers*, 58, pp. 29-44.

Mather, J. R. (1974) *Climatology : Fundamental and applications*. McGraw-Hill Book Co., New York.

Mathew, H. W., et al., (1971) *Man's impact on the climate*. MIT. Press. New York.

Miller, A. (1968) *Climatology*. Methuen and Co. Ltd. London.

Money, D. C. (1979) *Climate, Soil and vegetation*. London.

Newbigin, M. T., (1968) *Plant and animal Geography*. London.

Newwell, R. E. (1970) Water vapor pollution in the upper atmosphere and the supersonic transporter. *Nature* 226, PP. 70-71.

Newman, J. E. and Pickett, R. C., (1974) World climates and food supply variations. *Science*, 186, pp. 877-881.

Odum, E. P., (1981) *Fundamentals of ecology*. London.

Oke, T. R., (1973) City size and the urban heat Islands. *Atmospheric Environment*, 7, pp. 769-779.

Oliver, J. E. (1970) A genetic approach to climate classification. *Annals, Association of American Geographers*, Co, pp. 615-637.

Oliver, J. E. (1973) *Climate and man's environment : An introduction to applied climatology*. John Wiley and Sons, Inc. New York.

Pack, D. H. (1964) Meteorology of air pollution. *Science*, 146, pp. 1119-1128.

Pedelaborde, P. (1975) *Introduction a l'étude scientifique du climat*. Paris Péguy, CH. P. (1981) *precis de climatologie*. Paris.

Pettersen, S. (1969) *Introduction to meteorology*. McGraw-Hill, New York.

Polunin, N. (1970) *Introduction to Plant geography*. McGraw-Hill, New York.

Range, C. S., (1971) *Monsoon Meteorology*. Academic Press, New York.

Reihl, H., (1978) *Introduction to the atmosphere*. 3rd, ed., McGraw-Hill New York.

Robinson, H. (1982) *Biogeography*. London.

Rumny, G. R. (1970) *Climatology*. 3rd. ed MacMillan Co. New York.



Salisbury, E. J., (1967) The geographical distribution of Plants in relation to climatic factors. Geogr. Jour. January.

Schuepp, M. (1975) Wolken, Wind und Wetter Zuerich.

Sellers, W. D., (1965) Physical Climatology. The University of Chicago Press.

Sewell, W. R. D., et al., (1968) Human response to weather and climate. Geographical Review, 58, pp. 262-280.

Silk, J. (1979) Elements of Practical geography. London.

Simons, D. (1967) Deserts : The problem of water in arid lands. Oxford University Press.

Smith, K. (1975) Principles of applied climatology. Mc-Graw-Hill, New York.

Sokal, R. R. (1974) Classifications : Purposes, Principles, Progress and prospects. Science, 185, pp. 1115-1123.

Strahler, A. N. (1969) Exercises in physical geography. John Wiley. New York.

Strahler, A. N., and Strahler, A., H. (1979) Elements of Physical geography. 3rd ed John Wiley. New York.

Stringer, E. T. (1972) Technique of climatology. W. H. Freeman and Company, San Francisco.

Stringer, E. T. (1972) Foundations of climatology : An introduction to physical, dynamic, synoptic and geographical climatology. W. T. Freeman and Co., San Francisco.

Tanaby, R. C., (1980) Urban effects on trends and seasonal rainfall in the London area. Meteorological Magazine, 109, no. 1296, pp. 189-202.

Terjung, W. H., (1966) Physiologic climates of the conterminous United States : A bioclimatic classification based on man Annals, Association of American Geographers, 56, pp. 141-179.

Terjung, W. H., (1968) World Patterns of the distribution of the monthly comfort index. International Journal of Biometeorology, 12, pp. 119-151.

Terjung, W. H., (1970) Urban energy balance climatology. Geographical Review, 60, pp. 31-53.

Terjung, W. H., (1970) Toward a climatic classification based upon net radiation. Proceedings, Association of American Geographers, 3, pp. 140-144.

Terjung, W. H., Louns, S. F. (1973) Solar radiation and urban heat islands. Annals, Association of American Geographers, 63, pp. 181-207

Terjung, W. H. (1976), Climatology for geographers. *Annals, Association of American Geographers*, 66, no. 2.

Thom, E. C., (1979) The discomfort index. *Weatherwise*, 12, pp. 57-60.

Thornthwaite, C. W., (1948) An approach towards a rational classification of climate. *Geographical Review*, 38, pp. 55-95.

Thornthwaite, C. W., and Mather, J. R. (1955) The water balance. *Laboratory of Climatology, Publications in Climatology*, Vol. VIII. No. 1.

Trewartha, G. A. (1968) An introduction to climate. Mc-Graw-Hill, New York.

Unesco (1970) Use and conservation of the Biosphere.

Upher, M. (1983) Biological management and conservation. Colorado State University.

Vassy, E. (1979) *Physique de l'atmosphere*. I et II. Paris.

Viaut, A. (1992) *La météorologie*. Paris.

Wallen, C. C., and Brichambout (1962), A study of Agroclimatology in semi-arid and arid zones of the Near East. FAO, Unesco WMO Interagency Project in agroclimatology. Rome.

Walls, D., (1981) Principles of biogeography. London.

Wang, J. Y. (1983) Agricultural meteorology. Milwaukee/Wisconsin.

Wickham, P. G. (1970) The practice of weather forecasting. Meteorological Office, London.

Willett, H. C. (1979) Descriptive Meteorology. New York.

WMO. (1975) Meteorological aspects of air Pollution. Technical note no. 132, Geneva.

WMO, (1976) Urban climatology and its relevance to urban design. Technical note no. 149, Geneva.

WMO, (1980) The role of agrometeorology agricultural projects. Technical note no. 168, Geneva.

WMO, (1981) Meteorological aspects of the utilization of solar radiation as an energy source. Technical Note no. 172. Geneva.

WMO, (1981) Meteorological aspects of the utilization of wind as an energy source. Technical Note no. 175, Geneva.

Wuest, G. (1970) Wasserdampf und Niederschlag auf olem Meere als Glieder etes Wasserkreislaufs. *Dt. Hydrogr. Zeitschrift* 3, S. 111-127.

Zimmerman, G. (1979) Die Abhaengigkeit der Wolkenbrueche von der Orographie und von bestimmten Wetterlagen. *Meteorologische Rd-sch.* S. 128-149.

## محتويات الكتاب

[illegible]

## الفصل الأول : علم المناخ

١٥	...	...	...	...	...	...	...	الطقس والمناخ
١٧	...	...	...	...	علم المناخ بين الميئيورولوجيا والجغرافيا			
١٧	...	...	...	...	أهمية علم المناخ ومجالات الدراسة فيه			
١٨	...	...	...	...	المناخ ومصادر المياه			
١٩	...	...	...	...	المناخ والموارد الطبيعية			
١٩	...	...	...	...	المناخ وموارد الغذاء			
٢١	...	...	...	...	المناخ وراحة الانسان			
٢٤	...	...	...	...	المناخ وتلوث الجو			
٢٥	...	...	...	...	المناخ والتصحر			
٢٦	...	...	...	...	المناخ والطاقة والصناعة والنقل			
٢٧	...	...	...	...	المناخ والحروب والصناعات الحربية			
٢٨	...	...	...	...	أفرع علم المناخ			
٣٠	...	...	...	...	تطور علمى الارصاد الجوية والمناخ			
٣٩	...	...	...	...	النظم فى المناخ			
٤٠	...	...	...	...	النماذج فى المناخ			
٤٠	...	...	...	...	أنواع النماذج			

## الفصل الثانى : الغلاف الجوى

٤٧ تعريفه وخصائصه الطبيعية ... ..  
٤٩ تركيب الغلاف الجوى (الغازات التى يتألف منها الغلاف الغازى)  
٥٣ الطبقات الرئيسية للغلاف الجوى ... ..  
٦٠ نشأة الغلاف الجوى وعوامل تكونه ... ..

٦٠	...	...	...	...	...	...	...	أصل نشأة الغلاف الجوى
٦١	...	...	...	...	...	...	...	وظائف الغلاف الجوى
٦٢	...	...	...	...	...	...	...	عوامل تلوث الغلاف الجوى
٦٣	...	...	...	...	...	...	...	أثر الزيادة فى نسبة ثانى أكسيد الكربون على المناخ
٦٥	...	...	...	...	...	...	...	أثر الزيادة فى نسبة المواد العالقة فى الجو على المناخ
٦٦	...	...	...	...	...	...	...	تلوث طبقة الاوزون وأثره على المناخ
٦٦	...	...	...	...	...	...	...	الانقلاب الحرارى وعلاقته بتلوث الجو

### الفصل الثالث : الاشعاع الشمسى والاشعاع الارضى

٧١	...	...	...	...	...	...	...	الاشعاع الشمسى (الاشعاع ومصادره)
٧١	...	...	...	...	...	...	...	الشمس مصدر الطاقة
٧٣	...	...	...	...	...	...	...	أنواع الاشعاع الشمسى
٧٤	...	...	...	...	...	...	...	الاشعاع الشمسى مصدر الطاقة فى الغلاف الجوى
٧٦	...	...	...	...	...	...	...	وسائل انتقال الحرارة (الطاقة) فى الجو
٧٨	...	...	...	...	...	...	...	تأثير الاشعاع الشمسى
٧٩	...	...	...	...	...	...	...	العوامل المؤثرة فى مقدار الاشعاع الشمسى
٨١	...	...	...	...	...	...	...	أجهزة قياس الاشعاع الشمسى
٨٥	...	...	...	...	...	...	...	العوامل المؤثرة فيما يمتصه وما يعكسه سطح الارض من اشعاع
٩٠	...	...	...	...	...	...	...	توزيع الاشعاع الشمسى على سطح الارض
٩١	...	...	...	...	...	...	...	الاشعاع الارضى
٩٤	...	...	...	...	...	...	...	الالبيدو الارضى والميزانية الاشعاعية
٩٤	...	...	...	...	...	...	...	توزيع الاشعاع الشمسى الذى يدخل جو الارض
٩٥	...	...	...	...	...	...	...	وسائل تخلص سطح الارض من الاشعاع

### الفصل الرابع : درجة الحرارة

٩٩	...	...	...	...	...	...	...	مصدر حرارة الجو
٩٩	...	...	...	...	...	...	...	قياس وتسجيل درجة الحرارة
٩٩	...	...	...	...	...	...	...	كشك الارصاد الجوية
١٠٠	...	...	...	...	...	...	...	أجهزة رصد الحرارة
١٠٠	...	...	...	...	...	...	...	موازين الحرارة أو الترموميترات
١٠٠	...	...	...	...	...	...	...	ترموميترات النهايتين العظمى والصغرى
١٠٢	...	...	...	...	...	...	...	الثيرموجراف
١٠٣	...	...	...	...	...	...	...	كيفية قراءة الترمومترات









## الفصل العاشر : السحاب والتساقط

٢٣٥	...	...	...	...	...	...	...	السحاب والتساقط
٢٣٥	...	...	...	...	...	...	...	السحاب
٢٣٦	...	...	...	...	...	...	...	أنواع السحاب
٢٣٦	...	...	...	...	...	...	...	السحاب المرتفع
٢٣٧	...	...	...	...	...	...	...	السحاب المتوسط الارتفاع
٢٣٧	...	...	...	...	...	...	...	السحاب المنخفض
٢٣٨	...	...	...	...	...	...	...	التساقط
٢٣٩	...	...	...	...	...	...	...	المطر
٢٤٢	...	...	...	...	...	...	...	كيفية تكون قطرات المطر
٢٤٤	...	...	...	...	...	...	...	أنواع المطر
٢٤٤	...	...	...	...	...	...	...	الأمطار الانقلابية
٢٤٥	...	...	...	...	...	...	...	أمطار التضاريس
٢٤٦	...	...	...	...	...	...	...	الأمطار الأعصارية
٢٤٨	...	...	...	...	...	...	...	أقليم توزيع المطر
٢٤٩	...	...	...	...	...	...	...	نظم المطر
٢٥٣	...	...	...	...	...	...	...	خرائط الطقس
٢٥٧	...	...	...	...	...	...	...	الثلج
٢٥٩	...	...	...	...	...	...	...	البرد

## الفصل الحادى عشر : تقسيم العالم الى أقاليم مناخية

٢٦٣	...	...	...	...	...	...	...	تقسيم العالم الى أقاليم مناخية
٢٧٤	...	...	...	...	...	...	...	أهداف التقسيمات المناخية وتعددتها
٢٦٥	...	...	...	...	...	...	...	التقسيمات المناخية التجريبية
٢٦٥	...	...	...	...	...	...	...	تقسيم الاغريق القديم
٢٦٥	...	...	...	...	...	...	...	تقسيم سوبان
٢٦٦	...	...	...	...	...	...	...	تقسيم دى مارتون
٢٦٨	...	...	...	...	...	...	...	تقسيم دى مارتون
٢٥٩	...	...	...	...	...	...	...	آثار الثلوج السلبية والايجابية
٢٦٩	...	...	...	...	...	...	...	تقسيم كوبين
٢٧٥	...	...	...	...	...	...	...	تقسيم كوبين
٢٧٦	...	...	...	...	...	...	...	تقسيم تريوارثا



٢٨٠	...	...	...	...	...	...	...	...	تقسيم ثورنثويت
٢٨٢	...	...	...	...	...	...	...	...	الاقاليم الحرارية عند ثورنثويت
٢٨٣	...	...	...	...	...	...	...	...	التقسيمات الاصولية
٢٨٤	...	...	...	...	...	...	...	...	تقسيم بوديكو
٢٨٥	...	...	...	...	...	...	...	...	تقسيم فلون

## الفصل الثانى عشر

### الاقاليم المناخية خصائصها وتوزيعها على سطح الارض

٢٩٠	...	...	...	...	...	...	...	...	اقليم المناخ المدارى الممطر
									المناخ المدارى الرطب (مناخ الغابات المدارية الرطبة أو المناخ
٢٩١	...	...	...	...	...	...	...	...	الاستوائى)
٢٩٤	...	...	...	...	...	...	...	...	اقليم المناخ المدارى أو الموسمى أو مناخ الغابات الموسمية
٢٩٥	...	...	...	...	...	...	...	...	اقليم المناخ المدارى الرطب - الجاف أو مناخ السافانا
٢٩٨	...	...	...	...	...	...	...	...	المناخ الجاف
٢٩٩	...	...	...	...	...	...	...	...	الاقاليم الثانوية للمناخ الجاف
٣٠٠	...	...	...	...	...	...	...	...	اقليم المناخ الجاف فى العروض المدارية وشبه المدارية
٣٠٠	...	...	...	...	...	...	...	...	اقليم مناخ الصحارى الحارة
٣٠٣	...	...	...	...	...	...	...	...	مناخ الاستبس فى العروض الحارة
٣٠٥	...	...	...	...	...	...	...	...	اقليم المناخ الجاف فى العروض الوسطى
٣٠٧	...	...	...	...	...	...	...	...	المناخ الصحراوى فى العروض الوسطى
٣٠٧	...	...	...	...	...	...	...	...	المناخ الاستبس فى العروض الوسطى
٣٠٨	...	...	...	...	...	...	...	...	اقليم المناخ المعتدل الرطب
٣٠٩	...	...	...	...	...	...	...	...	المناخ المعتدل ذو الصيف الجاف أو مناخ البحر المتوسط
٣١٥	...	...	...	...	...	...	...	...	المناخ شبه المدارى أو المناخ الصينى
٣١٩	...	...	...	...	...	...	...	...	مناخ السواحل الغربية
٣٢٤	...	...	...	...	...	...	...	...	اقليم المناخ البارد الرطب
٣٢٦	...	...	...	...	...	...	...	...	الاقاليم الثانوية
٣٢٦	...	...	...	...	...	...	...	...	المناخان القاريان الرطبان
									المناخ القارى الرطب الدافئ صيفاً (الممطر طوال العام والممطر
٣٣٠	...	...	...	...	...	...	...	...	صيفاً)
									المناخ القارى الرطب البارد صيفاً (الممطر طوال العام والممطر
٣٣٢	...	...	...	...	...	...	...	...	صيفاً)

٣٣٤	...	...	...	...	...	...	...	...	المناخ شبه القطبي
٣٣٧	...	...	...	...	...	...	...	...	المناخ القطبي
٣٣٩	...	...	...	...	...	...	...	...	اقليم مناخ التندرا
٣٤١	...	...	...	...	...	...	...	...	اقليم مناخ الغطاءات الجليدية
٣٤٣	...	...	...	...	...	...	...	...	مناخ الجبال

## الجزء الثانى

### الجغرافيا الحيوية

#### الفصل الثالث عشر

##### النبات الطبيعي وتوزيعه على سطح الارض

٣٥٠	...	...	...	...	...	...	...	...	الغابات
٣٥٨	...	...	...	...	...	...	...	...	الحشائش
٣٦١	...	...	...	...	...	...	...	...	الصحارى
٣٦٣	...	...	...	...	...	...	...	...	الصحراء الجليدية أو التندرا
٣٦٥	...	...	...	...	...	...	...	...	نباتات الجبال

#### الفصل الرابع عشر

##### الحيوانات وتوزيعها على سطح الارض

٣٦٩	...	...	...	...	...	...	...	...	العوامل التى تؤثر فى حياة الحيوانات
٣٦٩	...	...	...	...	...	...	...	...	١ - المناخ
٣٦٩	...	...	...	...	...	...	...	...	٢ - النباتات
٣٦٩	...	...	...	...	...	...	...	...	٣ - التضاريس
٣٧٠	...	...	...	...	...	...	...	...	٤ - الانسكان
٣٧٠	...	...	...	...	...	...	...	...	الاقاليم الحيوانية
٣٧٠	...	...	...	...	...	...	...	...	أولا : حيوانات الغابات
٣٧٠	...	...	...	...	...	...	...	...	١ - حيوانات الغابات الاستوائية والمدارية
٣٧٠	...	...	...	...	...	...	...	...	٢ - حيوانات الغابات الباردة
٣٧٢	...	...	...	...	...	...	...	...	ثانيا : حيوانات الحشائش
٣٧٢	...	...	...	...	...	...	...	...	١ - حيوانات السافانا
٣٧٢	...	...	...	...	...	...	...	...	٢ - حيوانات الاستبس
٣٧٣	...	...	...	...	...	...	...	...	ثالثا : حيوانات الصحارى







٤٦٨	...	...	...	...	...	التيار النفاث وعلاقته بأحوال المناخ
٤٧٠	...	...	...	...	...	كتل الهواء
٤٧١	...	...	...	...	...	الضغط والرياح
٤٧٦	...	...	...	...	...	الحرارة
٤٨٢	...	...	...	...	...	الرطوبة
٤٨٢	...	...	...	...	...	الأمطار
٤٨٨	...	...	...	...	...	الأقاليم المناخية
٤٨٩	...	...	...	...	...	أقليم البحر المتوسط
٤٩٠	...	...	...	...	...	أقليم المناخ الجاف
٤٩٢	...	...	...	...	...	أقليم المناخ شبه الجاف
٤٩٣	...	...	...	...	...	أقليم المناخ المدارى الممطر صيفا
٤٩٤	...	...	...	...	...	أقليم مناخ شبه موسمي ممطر شتاء

### الفصل الثانى والعشرون

#### النبات والأقاليم النباتية بالعالم العربى

٤٩٧	...	...	...	...	...	العوامل المؤثرة فى التغير النباتى
٥٠٠	...	...	...	...	...	أنواع النبات والأقاليم النباتية
٥٠٠	...	...	...	...	...	أقليم الغابات المدارية
٥٠٠	...	...	...	...	...	أقليم الغابات شبه الموسمية
٥٠٠	...	...	...	...	...	أقليم الغابات المعتدلة الدفيئة
٥٠١	...	...	...	...	...	نباتات الجبال
٥٠٢	...	...	...	...	...	أقليم السافانا
٥٠٤	...	...	...	...	...	أقليم الحشائش المعتدلة (الاستبس)
٥٠٥	...	...	...	...	...	نباتات المناقع النهرية
٥٠٦	...	...	...	...	...	النباتات الصحراوية
٥٠٧	...	...	...	...	...	المراجع







